

**Identifizierung und Charakterisierung
von Ektomykorrhizen an *Pinus
silvestris* und von Ektomykorrhizen aus
der Gattung *Tricholoma***

Martin Uhl

Disbui. München

1988

**IDENTIFIZIERUNG UND CHARAKTERISIERUNG VON
EKTOMYKORRHIZEN AN PINUS SILVESTRIS UND EKTOMYKORRHIZEN
AUS DER GATTUNG TRICHOLOMA**

**Inaugural-Dissertation
zur Erlangung des Doktorgrades
des Fachbereiches Biologie**

**der Ludwig-Maximilians-Universität
München**

vorgelegt von

Martin Uhl

aus

Garmisch-Partenkirchen

München, im Juli 1988

1. Berichterstatter: Prof.Dr. R. Agerer
 2. Berichterstatter: Prof.Dr. H. Hertel
- Tag der mündlichen Prüfung: 28.Juli 1988

Diese Arbeit wurde am Institut für systematische Botanik
der Universität München unter der Leitung von
Prof. Dr. R. Agerer angefertigt.

Herrn Prof. Dr. R. Agerer danke ich für dieses Thema, für
seine gute Betreuung, sowie für seine stete Bereitschaft
zuzuhören und viel Verständnis.

Ein besonderer Dank gilt auch der ganzen Arbeitsgruppe
mit Eva Gronbach, Barbara Berg, Felix Brand, Roland Treu
und Markus Weiß und Peter Altheide für die große Hilfsbe-
reitschaft und das ausgezeichnete Betriebsklima.

Herrn Liedl danke ich für seine Hilfsbereitschaft und
die Durchführung eines großen Teils der photographischen
Arbeiten.

Der Studienstiftung des deutschen Volkes danke ich für
das großzügige Stipendium und die unbürokratische Unter-
stützung für meine Teilnahme an einem wichtigen Kon-
greß. Einen wesentlichen Anteil am Erfolg dieser Arbeit
hatte aber auch die über die materielle Förderung hi-
nausgehende ideelle Förderung. Herrn Prof. Dr. Schröder
von der Technischen Universität München danke ich in
diesem Zusammenhang für sein Engagement als Vertrauens-
dozent. In Herrn Dr. Brocker hatte ich einen verständ-
nisvollen Ansprechpartner. Herrn Kessler danke ich für
die Leitung einer unvergeßlichen musikalischen Sommeraka-
demie in Salem.

Dank gebührt aber vor allem meinen Eltern, die mir die-
sen Weg ermöglichten.

Inhaltsverzeichnis

A. Einleitung

I. Einführung	3
II. Charakterisierung und Klassifikation	8
III. Aufgabenstellung	10

B. Material und Methoden

I. Probeflächen	11
II. Methoden der Isolierung und Charakterisierung von Ektomykorrhizen und deren Dokumentation	12
1. Isolierung	12
2. Dokumentation	12
3. Mantelpräparat	13
4. abziehende Hyphen	14
5. Rhizomorphen	14
6. Farbreaktionen	14
7. Autofluoreszenz	14
8. Kernfärbung	15
9. Quer- und Längsschnitte	15
10. Zeichnungen und Photographien	16
11. Elektrophorese	16
12. Dünnschichtchromatographie	17

C. Ergebnisse

I. Terminologie der Beschreibungen	19
II. Bestimmungsschlüssel aller hier beschriebenen Ektomykorrhizen	22
III. Beschreibungen und Ergebnisse	25
1. Ektomykorrhizen aus der Gattung Tricholoma	25
a) Tricholoma auratum	25
b) Tricholoma flavobrunneum	33
c) Tricholoma aurantium	41
d) Tricholoma saponaceum	48
e) Tricholoma vaccinum	55
f) Tricholoma sejunctum	63
g) Diskussion und Teilschlüssel Tricholoma	69
2. Ektomykorrhizen aus der Gattung Dermocybe	73

a) Dermocybe crocea var. porphyreovelata	73
b) Dermocybe holoxantha	80
c) Dermocybe semisanguinea	87
d) Diskussion	101
 3. Ektomykorrhizen aus der Gattung Cortinarius	 103
a) Cortinarius odorifer	103
b) Cortinarius malachius	109
c) Cortinarius spec. (ug Sericeocybe)	116
d) Pinirhiza tortuosa	123
 4. Ektomykorrhizen aus der Gattung Amanita	 129
a) Amanita muscaria	129
 5. Ektomykorrhizen aus der Gattung Lactarius	 139
a) Lactarius deliciosus	139
b) Pinirhiza ochrolactans	147
 6. Ektomykorrhizen der Ordnung Boletales	 154
a) Rhizopogon luteolus	154
b) Suillus collinitus	164
c) Tylopilus felleus	174
 7. Nichidentifizierte Ektomykorrhizen	 181
a) Cenococcum geophilum	181
b) Quercirhiza atrata	187
c) Pinirhiza spinulosa	193
d) Pinirhiza rosea	199
e) Pinirhiza angularis	206
f) Pinirhiza globularia	211
 8. Ergebnisse und Diskussion der Elektrophorese	 217
 9. Ergebnisse und Diskussion der Dünnschicht-chromatographie	 221
 D. <u>Diskussion und Bewertung der Merkmale</u>	 226
 E. <u>Kurzbeschreibungen der Ektomykorrhizen</u>	 240
 F. <u>Zusammenfassung</u>	 246
 G. <u>Literatur</u>	 248

A. Einleitung

I. Einführung

Als Mykorrhiza benannte Frank 1885 solche Wurzeln, die sehr eng mit Pilzmycelium vergesellschaftet schienen. Er schreibt: "Der ganze Körper ist also weder Baumwurzel noch Pilz allein, sondern ähnlich wie der Thallus der Flechten, eine Vereinigung zweier verschiedener Wesen zu einem einheitlichen morphologischen Organ, welches vielleicht passend als Pilzwurzel, Mykorrhiza ¹⁾ bezeichnet werden kann. ... Sie bestehen aus einem Kern welcher die eigentliche Baumwurzel repräsentiert und aus einer mit jenem verwachsenden Rinde, welche aus Pilzhypen zusammengesetzt ist" (Frank 1885). Zwar waren solche Strukturen bereits von anderen Wissenschaftlern beobachtet worden (Gibelli 1883; Hartig T. 1851), doch war Frank der erste, der sie als symbiontische Vergesellschaftungen erkannte. Er schreibt in diesem Zusammenhang von "Ammandiensten" und diskutiert das Pilzmycel als für die "gesamte Ernährung des Baumes aus dem Boden" verantwortlich.

Seit dieser ersten Erwähnung des Begriffes Mykorrhiza hat sich die Bedeutung allerdings auch auf andere Assoziationen zwischen Pilzen einerseits und höheren Pflanzen andererseits ausgeweitet, zumal bekannt ist, daß die meisten höheren Landpflanzen Wurzelsymbiosen mit Pilzen eingehen (Mosse et al. 1981; Harley & Smith 1983). Nach Harley (1969) kann die Bezeichnung Mykorrhiza heute für jede Assoziation aus absorbierenden Organen einerseits und Pilzen andererseits vergeben werden, die in Struktur und Entwicklung konstant sind und in natürlichen Verhältnissen eine Funktion haben und dauernd zu beobachten sind. Alle vorkommenden Mykorrhizen können nach morphologischen und anatomischen Gesichtspunkten in sechs Mykorrhizenklassen (Agerer, pers.Mitt.) aufgeteilt werden.

1. Ektomykorrhizen

Bei der Ektomykorrhiza ist die Wurzel des Wirts von ei-

¹⁾ Das Wort Mykorrhiza kann aus den griechischen Worten mykos = Pilz und rhiza = Wurzel hergeleitet werden.

nem Pilzmantel umgeben, der normalerweise recht dicht und gut ausgeprägt ist. Von diesem Mantel aus dringen Hyphen zwischen die Rindenzellen des Wirts ein und bilden das sog. Hartigsche Netz aus (nach Theodor Hartig 1851).

2. Vesikulär-arbuskuläre Mykorrhizen

Die Wurzel der Wirtspflanze ist nicht von einem definierten Mantel umgeben. Die Hyphen des Pilzpartners dringen zwischen und in die Rindenzellen ein, ohne ein Hartigsches Netz zu bilden. Typisch sind verzweigte Haustorien (Arbuskeln) in den Rindenzellen und angeschwollene Vesikel. Die Vesikulär-arbuskuläre Mykorrhiza ist die am weitesten verbreitete Mykorrhiza

3. Arbutoide Mykorrhizen

Für die Arbutoiden Mykorrhizen gelten die gleichen Strukturmerkmale wie für die Ektomykorrhizen. Zusätzlich aber infiziert der Pilzpartner die Rindenzellen und bildet Hyphenknäuel aus.

4. Monotropoide Mykorrhizen

Auch hier bildet sich ein definierter Mantel und ein Hartigsches Netz, von dem aus aber unverzweigte Haustorien in die Rindenzellen eindringen. Die Wirtspflanzen haben in diesem Fall kein Chlorophyll und werden über den Pilz, der zusätzlich noch andere Pflanzen infiziert, mit Kohlenhydraten versorgt.

5. Ericoide Mykorrhizen

Ericoide Mykorrhizen bilden keinen Mantel aus. Die locker verwobenen Hyphen, die die Wurzel der Wirtspflanze umgeben, dringen in die äußersten Rindenzellen ein, wo sie oft aufgelöst werden.

6. Orchideen Mykorrhizen

Der Partnerpilz bei den Orchideenmykorrhizen dringt bereits in das Embryonalgewebe der Wirtspflanze ein und wird dort abgebaut. Da der Pilzpartner durch Cellulasen und -bei manchen zumindest- Ligninasen Nährstoffe verfügbar machen kann, die der Wirtspflanze nicht zugänglich sind, wird durch den Abbau des Pilzgewebes in der Wirtspflanze diese indirekt ernährt.

Die verschiedenen Mykorrhizenklassen haben ihre Namen entweder von den Wirtspflanzen (Arbutus, Monotropa, Eri-

caceae, Orchideen) oder von typischen Strukturmerkmalen (Vesikel und Arbuskel, Vorsilbe "ekto-" um zu kennzeichnen, daß die Hyphen des Pilzpartners nicht in die Rindenzellen eindringen). Wegen des Eindringens der Hyphen in ("endo-") die Wirtszellen, kann man VA- Ericoide- und Orchideenmykorrhizen zu den Endomykorrhizen zusammenfassen. Die monotropoiden und arbutoiden Mykorrhizen werden wegen ihrer Zwischenstellung auch als Ektendomykorrhizen bezeichnet. Welcher Gruppe man eine Mykorrhiza zuordnet, hängt besonders vom relativen Anteil der intrazellulären Infektion ab. Meyer (1966) aber bereits auch Melin (1925) postulierten die Theorie eines gegenseitigen Parasitismus bei dem sich ein Gleichgewichtszustand einstellt. Auch wurde beobachtet, daß Ektomykorrhizen auch intrazellulär infizieren können, wenn der Wirt durch andere Einflüsse geschwächt ist (Meyer 1966).

Bei der Ektomykorrhiza profitiert der Wirt von einer erhöhten Nährstoffaufnahme (McComb 1938, 1943; McComb & Griffith 1946; Harley 1969). Zusätzlich bildet der mehr oder weniger kompakte Mantel Schutz vor pathogenen Infektionen durch andere bodenbewohnende Pilze; einerseits durch die mechanische Barriere andererseits möglicherweise durch das Ausscheiden antimikrobiell wirksamer Substanzen (Zak 1964; Marx 1973; Ohara 1966).

Auch eine Versorgung mit Auxinen, Gibberellinen, anderen Wachstumsregulatoren und Vitaminen wurde diskutiert (Slankis 1973; Gogala 1971). Im Gegentausch dazu erhält der Pilz Kohlenhydrate (Melin & Nilsson 1957).

Besonders für die Wälder in Gebieten mit Jahreszeiten-Klima und in Bereichen von Kälte- und Trockengrenzen des Waldwuchses sind Ektomykorrhizen von besonderer Bedeutung (Meyer 1973). Aus zahlreichen Synthese- und Aufforstungsversuchen läßt sich die vitale Bedeutung der Ektomykorrhizen leicht ableiten. (Frank 1888; Melin 1917, 1925; Lobanow 1960; Moser 1963; Handley 1963; Meyer 1968, 1973; Mikola 1969, 1973; Alexander & Bigg, 1981; Harley & Smith 1983; Moser & Haselwandter 1983). Ohne sie würden die bestandsbildenden Baumarten Mitteleuropas und anderer gemäßigter bis arider Klimazonen nur kümmern oder gar nicht wachsen (Meyer 1968).



All diese Ergebnisse wurden jedoch, zumindest was die Ektomykorrhizen betrifft, nur an wenigen Organismen erforscht. Um die Tragweite des Einflusses der Ektomykorrhizen auf die Vitalität der beteiligten höheren Pflanzen zu ermessen, ist die Kenntnis zumindest der häufigsten an den Partnerschaften beteiligten Mykorrhizapilzen notwendig. Nur wenn Ektomykorrhizen identifiziert und wiedererkannt werden können, kann man ihre Synökologie und ihre Variabilität infolge verschiedenster Umwelteinflüsse erforschen. Nur dann können physiologische Versuche gemacht werden, die über ihre prinzipiellen Schlußfolgerungen hinaus durch den Vergleich verschiedener Arten auch Folgerungen für viele angewandte Aspekte, z.B. in der Forstbotanik, zulassen.

Gerade in den letzten Jahren hat der Aspekt der stetig zunehmenden Waldschäden in Mitteleuropa an Bedeutung zugenommen. So zeigen die Erhebungen von 1984, daß etwa 50% der Waldfläche Deutschlands sichtbar geschädigt sein sollen (Bayer.Staatsmin.f.Ern.Landw.und Forsten 1984). Ob es sich dabei um neuartige oder um altbekannte Schadbilder handelt sei dahingestellt. Die Ursachen jedenfalls konnten bis heute nicht eindeutig geklärt werden. Neben der Tanne, die am schlimmsten betroffen ist, sind auch noch Fichte und Kiefer und in zunehmendem Maße auch die Laubbäume betroffen.

Aus der Diskussion der Faktoren hat sich ergeben, daß weniger die oberirdischen Schädigungen verantwortlich sind -zumindest soweit sie direkt wirken- sondern die Schädigungen im Boden, an den unterirdischen Organen, also an den Wurzeln (Schütt et al. 1983). Da sich nun aber eine Störung der Mykorrhiza drastisch auf die Vitalität des Baumes auswirkt (Meyer 1984), ist verständlich, warum das wissenschaftliche Interesse an den Ektomykorrhizen der bestandsbildenden Baumarten gewachsen ist. Leider hemmt das große Defizit bei der Kenntnis der Mykorrhiza-Arten und ihrer Organisation die Erforschung der physiologischen Zusammenhänge. Nur in wenigen Fällen ist es möglich, bestimmte Mykorrhizen im Freiland zweifelsfrei anzusprechen.

In der Literatur gibt es nur wenige wirklich brauchbare

Beschreibungen oder Abbildungen (siehe bei Zak 1973; Agerer 1986). Ansonsten findet man viele Publikationen zu physiologischen Versuchen; leider an nur wenigen Arten, die meist im Freiland von geringer Relevanz sind. Die vielfältige Anatomie der Ektomykorrhizen und besonders der für den Stofftransport verantwortlichen Rhizomorphen oder abziehenden Hyphen legen eine unterschiedliche Effektivität der einzelnen Ektomykorrhiza bildenden Pilzarten nahe. Somit haben Angaben über die Veränderungen von Fruchtkörper-Artenspektren -womöglich nur aus Daten von zwei Vegetationsperioden und Fruchtkörperauszählungen- wenig Sinn ohne die Kenntnis der Effektivität der einzelnen Mykorrhizen in Bezug auf Wasser- und Nährstoffaufnahme, auf Transportgeschwindigkeit, auf die Trockenresistenz oder die Resistenz gegen Infektionen zu kennen (siehe bei Agerer et al. 1986).

Trappe legte (1962b) eine Liste von 81 ektomykorrhizogenen Pilzgattungen und 525 Arten mit über 280 Baumarten vor. Davon waren weniger als 10% tatsächlich als Ektomykorrhizabildner nachgewiesen worden. Der Rest beruhte auf Vermutungen, die sich aus dem oft beobachteten Zusammenleben bestimmter Pilze mit bestimmten Pflanzen ergaben, und auf wenigen synthetisierten Mykorrhizen. Gerade letztere existieren vielleicht in der Natur in der Kombination nicht oder sie spielen nur eine untergeordnete Rolle.

Zak forderte daher 1973 in seinem grundlegenden Artikel: "To obtain a fuller understanding of this important tree-fungus relationship, we must widen our studies and include more of nature's diverse forms. Before this can be done, however, we need to identify, describe, and classify the mycorrhizae".

Bezüglich der Ektomykorrhizen der Kiefer (*Pinus silvestris* L.) war dies die Aufgabe der vorliegenden Arbeit. Diese Arbeit ist Teil eines Projektes unserer Arbeitsgruppe unter Prof. Dr. R. Agerer; es werden ausführliche Beschreibungen von Ektomykorrhizen der wichtigsten bestandsbildenden Baumarten, Bestimmungsschlüssel sowie ein Mykorrhizen-Farbatlas erstellt. Damit sind erste Grundlagen für weitere Untersuchungen an Mykorrhizen kranker oder gesunder Wälder geschaffen.

II. Klassifikation und Charakterisierung von Ektomykorrhizen in der Literatur

Melin (1927) war der erste, der die von ihm untersuchten Ektomykorrhizen nach ihren Habitusmerkmalen anordnete. Aus vielen Einzelbeobachtungen und aus der Literatur erstellte Dominik (Dominik 1969) einen Bestimmungsschlüssel, der die Ektomykorrhizen in zwölf Subtypen und je bis zu acht Genera gliedert. Die so bestimmten Ektomykorrhizen werden mit einem Wortkürzel benannt. (z.B. Ga, entspricht Subtyp G, Gattung Ga; dies ist nach Dominik die Ektomykorrhiza von *Cenococcum geophilum*). Lange Zeit blieb dies die einzige Möglichkeit, Ektomykorrhizen zu bestimmen und sie wird trotz der Kritik, die immer wieder an diesem System geübt wird, bis heute benutzt.

Die in der folgenden Zeit erschienenen zahlreichen Einzelbeschreibungen synthetisierter oder am natürlichen Standort gefunder Ektomykorrhizen sind bei Zak (1973) und bei Agerer (1986a) zusammengefaßt. Soweit die Ektomykorrhizen identifiziert sind, wurde zum einen der Vergleich von Hyphenmerkmalen der Fruchtkörperbasis, zum anderen der Nachweis von Hyphenverbindungen zwischen Fruchtkörperbasis und Ektomykorrhiza für die Identifikation verwendet. Leider sind die meisten Beschreibungen äußerst knapp und reichen nicht aus, Arten zu unterscheiden, wengleich eine Zuordnung zu bestimmten Gattungen mykorrhizabildender Pilze oft möglich ist. Einschlägige Arbeiten werden im Zusammenhang mit den hier gegebenen Beschreibungen diskutiert.

Für einige Beschreibungen gilt dies erfreulicherweise nicht. So verwendet Chilvers (1968) für die Charakterisierung von Eucalyptus-Ektomykorrhizen Merkmale des Habitus und zusätzlich Flächenansichten des Mantels sowie Längsschnitte, Querschnitte und Merkmale des Hartigschen Netzes, der abziehenden Hyphen und der Rhizomorphen. Besonders die Flächenansicht und die Merkmale der Rhizomorphen erwiesen sich als geeignet, die Ektomykorrhizen voneinander zu unterscheiden.

Wie bereits in der Einleitung erwähnt, wiesen zahlreiche Autoren (Trappe 1967; Zak 1973; Moser&Haselwandter 1983;

Godbout&Fortin 1985a;Agerer 1986a) auf die dringende Notwendigkeit einer genauen Charakterisierung der Ectomykorrhizen hin, ohne daß ihre Aufrufe bis jetzt berücksichtigt wurden, z.T. nicht einmal von den entsprechenden Autoren selbst (z.B. Voiry, 1981;Godbout&Fortin, 1985a).

III. Aufgabenstellung

Ziel der vorliegenden Arbeit war es, natürlich wachsende Kiefernmykorrhizen ausführlich und eindeutig zu beschreiben. Daneben sollten die Ektomykorrhizen, die von der Pilzgattung *Tricholoma* gebildet werden, unabhängig von ihrer Wirtsart in der gleichen Weise bearbeitet werden. Für den "Colour Atlas of Mykorrhizae" (Agerer, 1987d) sollten alle Merkmale auch fotografisch sorgfältig dokumentiert werden. Die beschriebenen Mykorrhizen sollten nach ihren wichtigsten Merkmalen ausgeschlüsselt werden. In Pilotversuchen sollte die Eignung von Dünnschichtchromatographie und eindimensionaler Elektrophorese für die Identifizierung an Vertretern der Gattung *Dermocybe* geprüft werden.

B. Material und Methoden

I. Probeflächen

Probefläche bei Siegenburg/Bayern

Hauptprobefläche war der Dürnbucher Forst bei Siegenburg (MTB1-Nr. 7236). Es handelt sich um einen Kiefernwald auf Flugsand (Quarzsand-Binnendüne). Kleineräumlich könnte man das Gebiet in freie Sandflächen, Sanddünen, feuchtere sandige Gruben und grasbewachsene Sandflächen aufteilen.

Nach Bresinsky & Einhellinger (1987) handelt es sich im wesentlichen um ein *Leucobryum*-Pinetum, wobei die namensgebende Art *Leucobryum glaucum* meist durch *Calluna vulgaris*, *Pleurozium schreberi*, *Dicranum scoparium*, *Vaccinium myrtillus* und *Vaccinium vitis-idaea* ersetzt ist. Die Kiefernwälder dieses Gebietes sind aus bodensaueren Eichenmischwäldern hervorgegangen (Bresinsky&Einhellinger, l.c.). Das Alter der Bäume, unter denen hauptsächlich gesammelt wurde, liegt bei 10-15 Jahren. Eine Liste der in diesem Bestand nachgewiesenen Ektomykorrhizapilzarten findet sich bei Bresinsky&Einhellinger (l.c.). Die Probefläche wurde etwa einmal pro Monat, im Herbst alle 2 Wochen aufgesucht.

Probefläche bei Eichstätt/Bayern

Kiefernwald mit Eichenunterwuchs auf Jurakalk, Rendzina, Südhang des Altmühltals (MTB 7033). Die Probefläche wurde achtmal aufgesucht.

Probefläche bei Celle/Niedersachsen

Kiefernwald auf lockerem Sandboden (MTB 3326). Die Probefläche wurde einmal aufgesucht.

Probefläche bei Pleinfeld/Bayern

Kiefernwald auf hartem Sandboden. (MTB 6831) Podsol. Die Probefläche wurde sechsmal aufgesucht.

Probefläche bei Mittenwald/Bayern

Es handelt sich um einen die Isar begleitenden Kiefernwald (MTB 8533) auf fluvioglazialen Kalkschotter. Die Probefläche wurde zweimal aufgesucht.

II. Methoden der Isolierung, Charakterisierung von Ektomykorrhizen und deren Dokumentation

1. Isolierung

Fruchtkörper bekannter Pilzarten werden knapp über dem Boden abgeschnitten. Dann sticht man das Bodenstück, auf dem der Pilz stand mit einem scharfen Messer etwa 10x10x10 cm aus. Diese Methode stellt sicher, daß Wurzeln und Feinwurzeln nicht von der Stielbasis getrennt werden, um so die Voraussetzung zu schaffen, eine Verbindung zwischen Fruchtkörper und Ektomykorrhiza nachzuweisen. Diese Verbindung zu finden, gelingt natürlich bei weitem nicht immer. Das Bodenstück wird dann in Wasser möglichst über Nacht eingeweicht, und am folgenden Tag versucht man dann unter der Stereolupe mit feinsten Nadeln, Pinzetten und Haarpinseln die Ektomykorrhizen und ihre Verbindungen zur Stielbasis freizulegen, wobei die Bodenprobe während der gesamten Präparation am besten in einer großen Präparierschale unter Wasser sein sollte, um die an den Feinwurzeln und Ektomykorrhizen haftenden Bodenpartikel möglichst schonend wegwaschen zu können. Natürlich findet man unter Fruchtkörpern oft Ektomykorrhizen, die keine sichtbaren Verbindungen zur darüberliegenden Fruchtkörperbasis haben. Diese sind dann, zunächst zumindest, als unidentifizierte Ektomykorrhizen zu behandeln.

2. Dokumentation

Auf jeden Fall werden alle Ektomykorrhizen, die für eine weitere Charakterisierung in genügender Menge vorhanden sind, fotografiert und dann zum einen für kurze Zeit in sterilem Wasser, zum anderen in FAA aufbewahrt.

Die Probe in Wasser dient zur Untersuchung der chemischen Reaktionen sowie zum Anfertigen von Mantelpräparaten, während die Probe in FAA einerseits als Dauerpräparat der Aufbewahrung und Dokumentation, andererseits als vorfixiertes Material dient um die Längs- und Querschnitte anzufertigen.

Hinterlegt werden 1. Diapositive der Ektomykorrhizen in verschiedenen Vergrößerungsstufen; 2. Beleg der Ektomy-

korrhiza in FAA; 3. Dauerpräparate von Mantelstücken und Schnitten (Agerer 1987c).

Für die photographischen Arbeiten wurden folgenden Geräte und Filme verwendet: Wild-Steromikroskop M5 mit apochromatischem Objektiv und den Standard-vergrößerungen 6x, 12x, 25x und 50x; Okulare 10x; Beleuchtung mit zwei Halogenlampen 6V 20W, ausgerüstet mit Blaufilter 12.5 (Wild); Photoautomat MPS 45 von Wild sowie 200CT Agfacolorfilme. Die Endvergrößerung auf den Diapositiven beträgt den o.a. Stereomikroskop-daten entsprechend 2.4x, 4.8x, 10x und 20x. Mit den o.a. Geräten wurde auch die Farbe der jeweiligen Ektomykorrhiza angesprochen und zwar bei 25facher Vergrößerung. Für die Beschreibung wurden stets Spitze, äußerste Seitenenden und auch ältere Teile der Ektomykorrhiza berücksichtigt. Die äußeren Ausmaße der Ektomykorrhiza wurde durch Messen der Länge und des Durchmessers der letzten Seitenenden angegeben, sowie die Länge des gesamten Verzweigungssystems, die Art der Verzweigung und die Form der letzten Seitenenden.

3. Mantelpräparate

Um die Manteloberfläche von Ektomykorrhizen zu charakterisieren, werden kleine Stücke des Hyphenmantels unter der Stereolupe mit Nadel und Pinzette abpräpariert und zum einen mit der Außenseite nach oben zum anderen mit der Innenseite nach oben auf einem Objektträger in Milchsäure (90%) orientiert. Die Photographien und Zeichnungen werden bei 1000facher Vergrößerung durchgeführt. Durch Verwendung eines Interferenzkontrast-Mikroskopes konnten wegen des sehr engen Schärfetiefenbereiches auch verschiedene optische Schnitte durch den Mantel ohne entsprechende Mikrotomschnitte dokumentiert werden.

4. Abziehende Hyphen

wurden in Quetschpräparaten von ganzen Ektomykorrhizen, in Mantelpräparaten oder in tangentialen Längsschnitten beobachtet. Ihr Durchmesser und -wo sinnvoll- ihr Septenabstand sowie das Vorhandensein von Schnallen, Anastomosen, Inkrustationen sowie Besonderheiten von Hy-

phenenden und Verzweigungsart wurden notiert.

5. Rhizomorphen

wurden als ganze Struktur präpariert aber auch, sofern möglich, längs und quer geschnitten. Hier wurde ebenfalls Durchmesser, Septenabstand -wo möglich-, das Vorhandensein von Schnallen, Anastomosen, Inkrustationen auf Hyphen sowie Besonderheiten der Differenzierung und der Verzweigung, sowohl der ganzen Rhizomophe als auch der sie bildenden Hyphen, aufgezeichnet.

6. Farbreaktionen

Farbreaktionen wurden an Mantelpräparaten von Frischmaterial durchgeführt. Gelagertes Material ergibt keine verlässlichen Reaktionen mehr. Angaben zur Farbe im mikroskopischen Bild beziehen sich auf Hellfeld, 800fache Vergrößerung, 10W Niedervoltleuchte und Blaufilter. Die verwendeten Reagenzien richten sich weitgehend nach Agerer (1987c). Zum Vergleich wurde ein Präparat in Wasser herangezogen. Nach dem Einfärben in einem Tropfen des Farbreaens wird die resultierende Farbe protokolliert, soweit sie nicht der Eigenfarbe des Farbstoffes entspricht. Danach wird zur Entfernung des Farbstoffes Wasser durchgesaugt und die verbleibende Färbung aufgezeichnet, soweit sie nicht dem Wasserpräparat entspricht.

7. Autofluoreszenz

Die Prüfung auf Autofluoreszenz wurde zunächst an Frischmaterial der ganzen Ektomykorrhizen vorgenommen. Dazu wurde eine Fluotest-Handlampe T5301 von Heraeus mit den Wellenlängen 254 und 366nm verwendet. Zur Beobachtung der Autofluoreszenz in Mantelpräparaten und Schnitte verwendeten wir ein Leitz Laborlux D Mikroskop mit Epi-Fluoreszenz. Die Präparate wurden in Milchsäure mit den Sperrfiltern 340-380nm (UV) und 450-490nm (Blau) beobachtet, die Fluoreszenzfarben den Ektomykorrhizenstrukturen zugeordnet und protokolliert.

8. Kernfärbung

Die Kerne in Präparaten von Mantel-, Rhizomorphen- und abziehenden Hyphen wurden nach der Aceto-carmin-Methode (Clemencon 1978) sichtbar gemacht. Dazu wurden ganze Ektomykorrhizen gefärbt. Dann wurden die interessierenden Ektomykorrhizateile in Hoyers-Medium präpariert, und unter dem Mikroskop betrachtet und dokumentiert. Mit dieser Färbetechnik konnte gleichzeitig die siderophile Granulation nachgewiesen werden (Clemencon l.c.).

9. Quer- und Längsschnitte

Die Schnitte wurden mit einem Rotations-Mikrotom angefertigt. Ganze Ektomykorrhizen wurden in Methacrylat eingebettet und geschnitten (Werner, 1984; Alexander & Bigg, 1981; Altheide, pers.Mitt.). Die Schnitte wurden dann auf mit dest. Wasser benetzte Objektträger aufgelegt und über Nacht bei 60°C im Trockenschrank trockengefixiert, abgekühlt und mit großen Deckgläsern und Entellan versiegelt. Da der Präparationsgang nicht den Originalvorschriften entspricht sei er hier noch einmal wiedergegeben. 1. Entwässerung: In FAA, das bereits 63% EtOH enthält, fixierte Ektomykorrhizen werden über 70% in 96% EtOH überführt (in jeder Stufe über Nacht). Da das Methacrylat selbst 5-8% Wasser enthält, ist eine vollständige Entwässerung nicht nötig. 2. Infiltration: Die Infiltrationslösung wird nach Vorschrift aus flüssigem Basisharz und Aktivator-Pulver angerührt. Darin werden die Proben mindestens über Nacht aufbewahrt. Bei manchen Ektomykorrhizen war es notwendig, die Proben unter Vakuum zu infiltrieren, da das Methacrylat bei sehr kompakten Mänteln schlecht eindringt. Vollständige Infiltration ist am Absinken der Probe zu erkennen. 3. Polymerisation: Als Behälter dienen die LKB-Histomolds, kleine Kunststoffformen mit einer Längsrinne im Boden. Die Einbettmischung, angerührt aus 15 Teilen Infiltrationslösung und 1 Teil Härter, wird nur bis knapp über diese Rinne eingefüllt. Dort wird die Ektomykorrhiza je nach gewünschter Schnitttrichtung orientiert. Nach dem Erstarren, das je nach Raumtemperatur nach wenigen bis 30 Minuten eintreten kann, werden die Blockhalter einge-

setzt und mit Einbettmedium aufgefüllt. Die endgültige Polymerisation erfolgt über Nacht.

10. Zeichnungen und Photographien

Die Zeichnungen wurden entweder mit einem Raster oder mit einem Zeichenspiegel angefertigt. Die Original-Vergrößerung der Zeichnungen liegt bei 4000x. Diese wurde fotografisch dann auf 1000x reduziert. Alle zunächst in Bleistift ausgeführten Zeichnungen wurden in Tusche auf Transparentpapier kopiert, wobei die Strichdicke in etwa die Zellwanddicke andeutet. Sehr dicke Zellwände werden durch zwei Linien dargestellt, wobei deren Abstand die Zellwanddicke angibt. Für die Anfertigung der Zeichnungen wurde ein Zeiss Phasenkontrast-Mikroskop, für die Photographien ein Zeiss Normarsky-Interferenzkontrast Mikroskop, als Filmmaterial Agfaortho 25 verwendet.

11. Elektrophorese

a) Isolierung der Proteine

Die Fruchtkörper- oder Ektomykorrhizastücke wurden im Mörser mit flüssigem Stickstoff überschichtet und pulverisiert. Dieses Pulver wurde in einem Aceton-TCA-Mercaptoethanol-Gemisch suspendiert (10% TCA in wasserfreiem Aceton; 0,07% Mercaptoethanol). Der Extrakt steht über Nacht im Kühlschrank und wird dann 15min bei 20000g zentrifugiert. Der Niederschlag wird 1h mit Aceton-Mercaptoethanol (0,07% Mercaptoethanol) bei Kühlschranktemperatur gewaschen, dann wieder 15min bei 20000g zentrifugiert. Der Niederschlag wird dann unter Vakuum getrocknet. Dieses Pulver kann nun im Probenpuffer resuspendiert werden.

b) Protein-assay

Die Konzentration des Proteins im Probenpuffer wird mit dem BIORAD-Protein-assay bestimmt.

c) Eindimensionale Elektrophorese

Die Eindimensionale Elektrophorese wurde in horizontalen SDS-Polyacrylamid Gelen ausgeführt, die 0,1% SDS enthalten. Das Sammelgel ist 5-, das Laufgel 10%ig. Der Probenpuffer enthält 50mM Tris-HCl, pH 6,8, 2%SDS, 10% Glycerin, Bromphenolblau und 3% 2-Mercaptoethanol. In die-

sem Puffer werden die Proben 15 min auf 95°C erhitzt. Nach dem Abkühlen werden die Proben aufgetragen (etwa 100 bis 150µg Protein). Die Gele werden bei einer konstanten Leistung von 3W gefahren, Spannung und Stromstärke werden nicht begrenzt. Kurz bevor die Bromthymolblau-Front die kathodische Seite des Gels erreicht, wird die Elektrophorese gestoppt. Danach wird das Gel mindestens 2h in einer Fixierlösung (50% MeOH, 12% EtOH, 0,5ml einer 37% HCOH-Lsg.) fixiert, anschließend gewaschen und mit Silber-Nitrat gefärbt.

d) Silber-Färbung

Die Färbung folgt der Vorschrift von Blum et al. 1987. Die Besonderheit ist eine einminütige Vorbehandlung des Gels mit $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ (0.5 g/l), um einen stärkeren Kontrast und eine schwächere Hintergrundanfärbung zu erhalten.

e) Scanning

Die Gele wurden zur Dokumentation und Interpretation auf einem LKB-Ultroscan in Verbindung mit einem Computer aufgezeichnet. Die Densitogramme können somit nach Normierung miteinander verglichen werden.

12. Dünnschicht Chromatographie

a) Extraktion

Die Fruchtkörperstücke oder Ektomykorrhizen wurden mit flüssigem Stickstoff eingefroren und zu einem Pulver gemörsert. In Anlehnung an Gruber (1970), Thoen (1977) und Høiland (1983) wurde zur Extraktion EtOH 96% verwendet. Extrahiert wurden Stiel und Ektomykorrhizen. Als Laufmittel wurden nach Thoen (1977) ein Gemisch aus Ameisensäureethylester (24.5), Ameisensäure (1) und Benzol oder Toluol (74.5) verwendet (Anteile in Klammern).

b) Als Träger wurden TLC-Platten der Firma Merck verwendet. Nach dem Lauf läßt man die Platten an der Luft trocknen. Bandenmuster wurden im sichtbaren und UV-Licht (256nm) abgezeichnet. Die Farben wurden notiert.

C. Ergebnisse

Bereits im Druck befindliche Arbeiten der Dissertation

Uhl M. & R.Agerer (1987) -Studies on Ectomycorrhizae XI. Mycorrhizae formed by *Dermocybe crocea* on *Pinus silvestris* and *Dermocybe palustris* on *Pinus mugo*. Nova Hedwigia 45(3-4) 509-527.

Uhl M. (1988) -Studies on Ectomycorrhizae XV. Ectomycorrhiza formed by *Rhizopogon luteolus* on *Pinus silvestris*. Persoonia, im Druck.

Uhl M. (1988) -Studies on Ectomycorrhizae XVI. Ectomycorrhizae formed by *Tricholoma auratum* on *Pinus silvestris* and *Tricholoma flavobrunneum* on *Betula pendula*. Mycotaxon, im Druck.

I. Terminologie der Beschreibungen

Sämtliche hier gegebenen Beschreibungen von Ectomycorrhizen halten sich an die in Agerer 1986 und 1987b gegebene Reihenfolge der Untersuchungen. Diese Reihenfolge sei im folgenden noch einmal aufgeführt:

1. Habitusmerkmale, wie sie durch das Stereomikroskop sichtbar sind (Farbe; Verzweigungsart und -grad; Mykorrhizenmaße);
2. Mikroskopische Merkmale von Mantelpräparaten (Mantelaufsicht; Mantelinnenansicht; mittlere Mantelschichten; Cystiden);
3. Mikroskopische Merkmale von Rhizomorphen und abziehenden Hyphen;
4. Mikroskopische Merkmale von Quer-, Längs- und Tangentialschnitten;
5. Chemische Reaktionen; Autofluoreszenz und Kernfärbung; Siderophile Granulation;
6. Vergleich der erhobenen Daten mit der Literatur;

Mykorrhizen, die identifiziert wurden (anhand des Nachweises einer Hyphenverbindung zwischen Fruchtkörper und Mykorrhiza), tragen den Namen des identifizierten Pilzpartners. Mykorrhizen, die nicht identifiziert werden konnten, werden mit einem Namen gekennzeichnet. Dabei deutet das erste Namenwort die Baumart an (z.B.: Pini-rhiza = Mykorrhiza an Pinus; Quercirhiza = Mykorrhiza an Quercus), während durch das zweite Namenwort irgendeine besondere Eigenschaft dieser Mykorrhiza hervorgehoben wird (z.B.: "atrata" für eine schwarze Mykorrhiza) (siehe auch Gronbach & Agerer 1986).

Bei der Ansprache des Habitus wird zunächst die Farbe notiert. Dabei wurde versucht, nur klare und allgemeinverständliche Farbenbezeichnungen und Farbkombinationen zu verwenden. Dies führt zwar in manchen Gruppen zu etwas stereotypen Farbbezeichnungen, hat aber den Vorteil, daß diese Bezeichnungen noch eine gewisse Variabilität einschließen. Gerade dieses Merkmal ist ja starken Schwankungen in der Ontogenie der jeweiligen Mykorrhiza

unterworfen, kann also nur im Zusammenhang mit den Mantelmerkmalen genutzt werden.

Der **Ontogenie** versucht man durch die Angabe der Farbe von Mykorrhizenspitze, jüngeren und älteren Mykorrhizenteilen gerecht zu werden.

Die **Verzweigungsart**, die ebenfalls hier notiert wird, kann nicht nur Hinweise auf die Baumart sondern auch auf die Gruppe von Pilzen geben, die an der Mykorrhiza beteiligt ist. Allgemein bekannt ist, daß Kiefernmykorrhizen gabelig bis koralloid verzweigt sind. Dies gilt sicher für viele aber nicht für alle Kiefernmykorrhizen. So zeigen fast alle Mykorrhizen aus den Gattungen *Dermocybe*, *Cortinarius* und *Tricholoma* an Kiefer einen unregelmäßigen, die Gabelung nur noch erahnenlassenden Wuchs, der, zumindest bei einigen, durch ein gewundenes bis geschlängeltes Wachstum noch weiter kompliziert ist.

Die **Manteloberfläche** gibt wohl die deutlichsten Hinweise auf die beteiligte Pilzart. Hier werden neben der Mantelaufsicht oft auch mittlere Schichten und die Mantelinnenansicht notiert. An Begriffen wird hier meist **plectenchymatisch** und **pseudoparenchymatisch** verwendet. Als **Plectenchymatisch** wird hier eine mehr oder weniger lockere Struktur langgestreckter Hyphen, als **Pseudoparenchymatisch** dagegen eine Struktur aus stark verkürzten Hyphen, eng aneinanderliegenden, isodiametrischen oder gar lückenlos aneinandergelagerten Zellen bezeichnet. Hier werden zur näheren Bezeichnung des Pseudoparenchyms noch die Begriffe **angulär** und **epidermoid** verwendet. **Angulär** bedeutet dabei, daß die Zellwände der äußeren Mantelzellen in spitzen und stumpfen Winkeln aufeinanderstoßen, wobei diese Wände gerade verlaufen. **Epidermoid** bedeutet, daß der Verband der äußersten Mantelhyphen einer pflanzlichen Epidermis ähnelt, wobei die Zellen ähnlich einem Puzzlespiel geformt und angeordnet sind.

Als **Rhizomorphen** werden hier alle aus mehr oder weniger parallel verlaufenden Hyphen bestehende Stränge bezeichnet. Die Rhizomorphen können differenziert und nicht differenziert sein.

Nicht differenziert nennt man einen Hyphenstrang, der aus mehreren, gleichartig geformten Hyphen besteht. **Differenziert** nennt man einen Hyphenstrang, der aus ungleichartigen Hyphen besteht. Diese Differenzierung kann darin bestehen, daß a) innere Hyphen von abweichend geformten äußeren Hyphen eingehüllt werden, b) dickere mit dünneren Hyphen gemischt sind, c) Zentralhyphen vorhanden sind, die sich entweder in ihrem Durchmesser oder ihrem Septenabstand voneinander unterscheiden. Als **Hyphenschleier** bezeichnet man flache Netze oder Matten, die aus vielen Hyphen unterschiedlicher Streichrichtung bestehen.

Bei den Hyphenverbindungen wird als **Kontaktschnalle** eine mit einer Schnalle versehene Verbindung zweier Hyphen bezeichnet. Als **Kontaktseptum** wird eine Anastomose bezeichnet, in die ein Septum eingezogen ist (Agerer 1987b).

II. Bestimmungsschlüssel für die in dieser Arbeit beschriebenen Ektomykorrhizen

(die jeweils zweite Alternative ist durch einen "*" gekennzeichnet) Ein Teilschlüssel für die aus der Gattung *Tricholoma* beschriebenen Ektomykorrhizen ist der Diskussion der Beschreibungen der *Tricholoma*-Ektomykorrhizen angefügt

1 Ectyomycorrhizen an *Pinus* spp.

2 mit Rhizomorphen

3 Rhizomorphen auf irgendeine Weise differenziert

4 Ektomykorrhiza mit Schnallen

5 Ektomykorrhiza mit Kontaktschnallen:

Dermocybe holoxantha

(s.S.80)

*5 Ektomykorrhiza ohne Kontaktschnallen

Cortinarius malachius

(s.S.109)

*4 Ektomykorrhiza ohne Schnallen

6 Rhizomorphen mit Rindenhyphen

7 mit Zentralhyphe(n);

Rhizopogon luteolus

(s.S.154)

*7 ohne Zentralhyphe;

Lactarius deliciosus

(s.S.139)

*6 Rhizomorphen ohne Rinde

8 Zentralhyphe bis über 20µm im Durchmesser;

Tylophilus felleus

(s.S.174)

*8 Zentralhyphen unter 20µm im Durchmesser

9 abziehende Hyphen stark inkrustiert:

Suillus collinitus

(s.S.164)

*9 abziehende Hyphen glatt:

Amanita muscaria

(s.S.129)

*3 Rhizomorphen nicht differenziert

10 Ektomykorrhiza mit Schnallen

11 Ektomykorrhiza mit Kontaktschnallen

12 Hyphen gelb fluoreszierend (UV-Filter):

Dermocybe semi-
sanguinea (s.S.87)

*12 Hyphen nicht gelb fluoreszierend (UV-Filter):

13 Ektomykorrhiza weiß:

Pinirhiza tortuosa
(s.S.123)

*13 Ektomykorrhiza hellgelb bis schwefelgelb
mit silbrigem Schein:

Dermocybe crocea
(s.S.73)

*11 Ektomykorrhiza ohne Kontaktschnallen

14 Mantel ohne parallele Strukturen; mit Ana-
stomosen

Tricholoma sejunctum
(s.S.63)

*14 Mantel mit parallelen Strukturen; ohne Ana-
stomosen

15 Rhizomorphenhyphen inkrustiert; Ekto-
mykorrhiza gelbocker:

Cortinarius odorifer
(s.S.103)

*15 Rhizomorphenhyphen nicht inkrustiert;
Ektomykorrhiza weiß-bräunlich:

Cortinarius spec.
us sericeocybe
(s.S.116)

*10 Ektomykorrhiza ohne Schnallen

16 Ektomykorrhiza weiß, in älteren Teilen leicht
bräunlich

Tricholoma auratum
(s.S.25)

*16 Ektomykorrhiza rötlich überhaucht:

Pinirhiza rosea
(s.S.199)

*2 ohne Rhizomorphen

17 Mantel plectenchymatisch; mit Kugelzellen bis 25µm
Durchmesser im Mantel:

Pinirhiza globularia
(s.S.211)

*17 Mantel pseudoparenchymatisch; ohne Kugelzellen;

18 Mantel schwarzbraun oder schwarz

19 Mantel schwarz mit starren schwarzen oder zumindest dunkelbraunen, abziehenden Hyphen;
ohne Cystiden:

Cenococcum geophilum

(s.S.181)

*19 Mantel schwarzbraun mit gekräuselten braunen abziehenden Hyphen; mit Cystiden:

Pinirhiza spinulosa

(s.S.193)

*18 Mantel heller bis hellbraun-orange

20 Muster der Manteloberfläche angular:

Pinirhiza angularis

(s.S.206)

*20 Muster der Manteloberfläche epidermoid;

Pinirhiza ochro-

lactans (s.S.147)

*1 Ektomykorrhizen an anderen Baumarten

21 Ektomykorrhizen an Laubbäumen

22 Ektomykorrhiza an *Betula pendula*; Ektomykorrhiza weiß; Mantel plectenchymatisch. :

Tricholoma flavo-

brunneum (s.S.33)

*22 Ektomykorrhiza an *Quercus robur*; Ektomykorrhiza braunschwarz; Mantel pseudoparenchymatisch.

Quercirhiza atrata

(s.S.187)

*21 Ektomykorrhizen an *Picea abies*

24 mit Schnallen;

25 Septenabstand der Zentralhyphen 100-120µm;

Tricholoma vaccinum

(s.S.55)

*25 Septenabstand der Zentralhyphen 30-80µm;

Tricholoma sapon-

naceum (s.S.48)

*24 ohne Schnallen:

Tricholoma aurantium

(s.S.41)

III. Beschreibungen und Ergebnisse

1. Ektomykorrhizen aus der Gattung Tricholoma

TRICHOLOMA AURATUM (Paul. ex Fr.) Gillet (Abb. 1.1-1.4)
AN PINUS SILVESTRIS

Referenzbeleg: Deutschland, Bayern, Kelheim, Siegenburg,
an Pinus silvestris, leg. M.Uhl, 23.09.1986, Fruchtkörper
UM-188 und Mykorrhizen UM-D80, in M.

Morphologie (Abb. 1.1.a)

Mykorrhizensystem koralloid und bis zu 3mm lang, dichotom verzweigt, manchmal unregelmäßig verzweigt; unverzweigte Enden bis 2 mm lang und 0,4mm im Durchmesser; meist gerade; unregelmäßig verzweigte Teile gebogen bis gewunden; Oberfläche dicht strähnig; Ektomykorrhiza gelblich weiß mit silbrigem Schein, der von eingeschlossener Luft herrührt; nach Herausstreichen der Luft mehr oder weniger gelbbraun.

Anatomische Merkmale der Oberfläche

Mantelaufsicht (Abb. 1.1.b, 1.3.a, 1.4.c) Plectenchymatisch, locker verwoben, Hyphen 3µm im Durchmesser, allmählich in dickere, abziehende Hyphen übergehend (bis zu 4µm); tiefere Schichten dichter plectenchymatisch (Abb. 1.3.b) Zellwand unauffällig, Hypheninhalt und -wände leicht gelblich; Oberfläche an der Mykorrhizenspitze plectenchymatisch; Cystiden konnten nicht gefunden werden.

Mantelinnenansicht (Abb. 1.1.d, 1.3.c, 1.4.a) dicht plectenchymatisch mit hyphigen und epidermoiden Zellen; ziemlich dicht angeordnet, keine regelmäßigen Muster erkennbar; Zellwand unauffällig.

Abziehende Hyphen (Abb. 1.1.e, 1.4.b) 2-4µm im Durchmesser; Zellwand unauffällig, glatt, ohne Inkrustationen; Hypheninhalt und -wände leicht gelb; Septen ohne Schnallen.

Rhizomorphen (Abb. 1.2.a, 1.2.b, 1.3.d-f) bis zu 100µm dick; parallel zur Mykorrhizenoberfläche abziehend; we-

nige Hyphen aus der Rhizomorphe ausfasernd; Hyphen dicht verwoben; Rhizomorphen in dickere und dünnere Hyphen differenziert, wobei die dickeren Hyphen aber nicht zentral angeordnet sind (Abb. 1.3.e); dünnere Hyphen 2-4µm im Durchmesser; dickere Hyphen bis zu 8(10)µm; Zellwand unauffällig; Hypheninhalt und -wände leicht gelb.

Anatomische Merkmale im Querschnitt (Abb. 1.4.e)

Mantel: Plectenchymatisch, 20-30(35)µm dick; keine unterscheidbare Schichten, nur innere Mantelpartien etwas kompakter; Hyphen tangential 3-4µm, radial 2-3µm und länger (abziehende Hyphen).

Tanninzellen tangential unregelmäßig elliptisch oder oval, zusammengedrückt, eine Reihe vorhanden; tangential 30-60(80)µm, radial (4)8-15µm, TCt = 44,8µm; TCq: 5,6.

Rindenzellen: 4-5 Reihen; rund bis radial oval, tangential (15)25-60µm, radial 25-60µm, CCT = 32,8µm; CCq: 0,85;

Hartig'sches Netz: reicht 3-5 Rindenzellenreihen tief; Hartig'sches Netz um die Tanninzellen 3-5µm dick; eine Hyphenreihe; Zellen des Hartig'schen Netzes im Schnitt unregelmäßig kurz-oval bis quaderförmig; Hartig'sches Netz um die Rindenzellen 3-8µm dick, 1-2 Hyphenreihen stark;

Anatomische Merkmale im Längsschnitt (Abb. 1.4.d)

Mantel durchwegs plectenchymatisch; keine unterscheidbaren Schichten; äußere Hyphen tangential 3-4µm, radial 2-3µm, innerste Hyphen tangential 5-20µm, radial 2-3µm.

Tanninzellen unregelmäßig verlängert, tangentialoval, manchmal rund; tangential 30-50(60)µm, radial (4)8-15µm, TCt = 41µm; TCq: 5,1.

Rindenzellen mehr oder weniger rund bis isodiametrisch, tangential (15)30-45(60)µm, radial 25-60µm, CCT = 33,5µm; CCq: 0,86.

Hartig'sches Netz vom Palmetti-typ mit 2-3(4)µm breiten Loben (Abb. 1.1.c)

Farbreaktionen in verschiedenen Reagenzien

Anilin: --; Brilliant-Kresyl-Blau: blau; nach Waschen mit Wasser: Ränder des Mantelstückes leicht violett; Baumwollblau: --; Ethanol 70%: --; Guaiac: --; Eisensulfat: bräunlich; KOH 15%: --; Melzer's Reagenz: --; Phenol: --; Phenol-Anilin: --; Säure-Fuchsin: --; Sulvo-Vanillin: Hyphen hyalin, kaum noch zu erkennen.

Autofluoreszenz

Ganze Mykorrhiza UV 254nm:--; UV 366nm:--. Mantel und Hartigsches Netz: UV-filter(340-380nm): --; Blaufilter(450-490nm): --; Grünfilter:(530-560nm): --; Tanninzellen: UV-filter: --; Blaufilter: rötlich gelb; Grünfilter: --; abziehende Hyphen: UVfilter: --; Blaufilter: leicht gelb; Grünfilter: --.

Kernfärbung

Zwei Kerne pro Zelle, Kernabstand schwankt zwischen 5 und 10µm; rund bis oval mit Durchmessern von 0.8 - 2 µm; keine siderophile Granulation (Methode: Acetocarmin).

Verwendetes Material und Identifikation

Referenzbeleg; Direkte Verbindungen zwischen Fruchtkörper und Mykorrhiza konnten nachgewiesen werden. Weiterer untersuchter Beleg: Deutschland, Bayern, Kelheim, Siegenburg, an Pinus silvestris, leg. M. Uhl, 23.09.1986, Mykorrhiza UM-D120, in M.

Tricholoma auratum in der Literatur

Es liegen keine Beschreibungen dieser Mykorrhiza in der Literatur vor. Da Tricholoma auratum von T. flavovirens (früher als T. equestre bezeichnet) abgespalten wurde, sei hier eine Beschreibung von T. flavovirens zitiert. Pachlewski & Pachlewska (1974) synthetisierten die Mykorrhiza von Tricholoma flavovirens. Diese Mykorrhiza sei schlecht entwickelt, von beiger bis braunbeiger Farbe und von glatter bis leicht filziger Oberfläche. Der Mantel sei 15-25µm dick mit einer inneren pseudoparenchymatischen Schicht aus sehr kleinen Zellen und einer äußeren locker plectenchymatische Schicht. Das Hartig-

sche Netz war ebenfalls schwach ausgebildet und reichte nur bis in die erste Rindenschicht der Wurzel.

Wegen der spärlichen Daten kann diese Beschreibung für einen Vergleich mit der hier gegebenen Beschreibung von Tricholoma auratum nicht herangezogen werden.

Abbildung 1.1

Tricholoma auratum

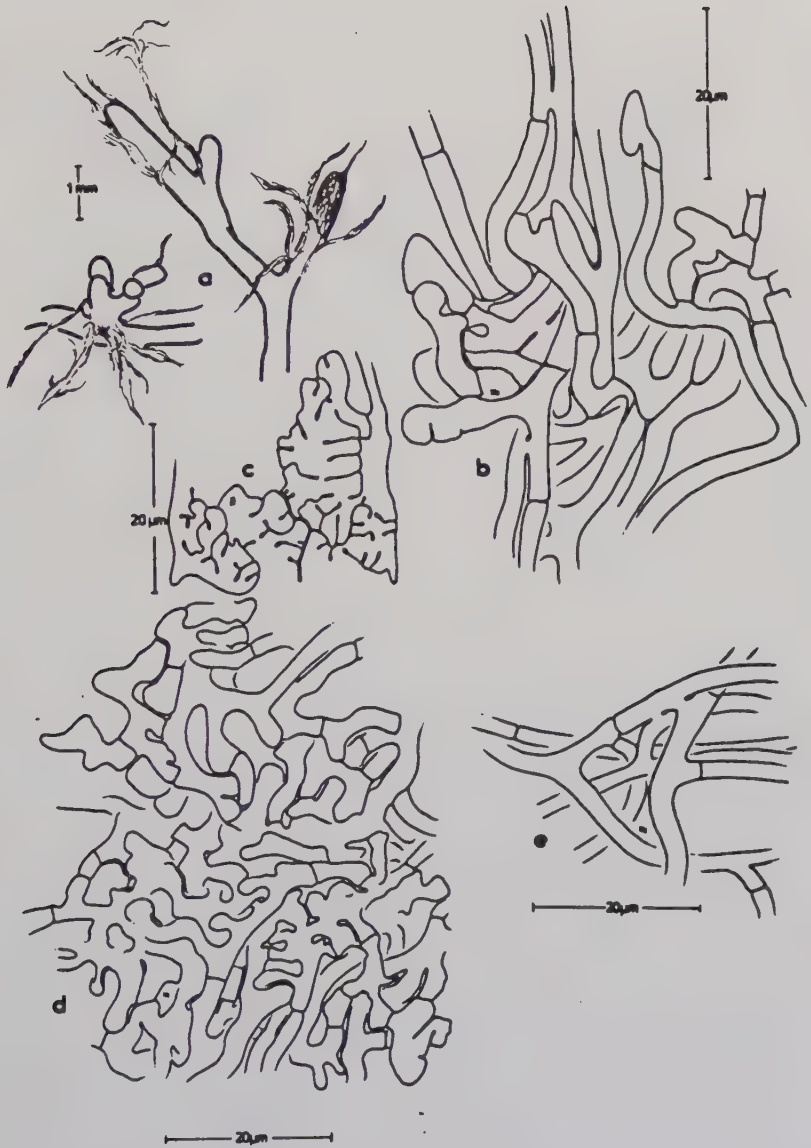


Abbildung 1.2

Tricholoma auratum

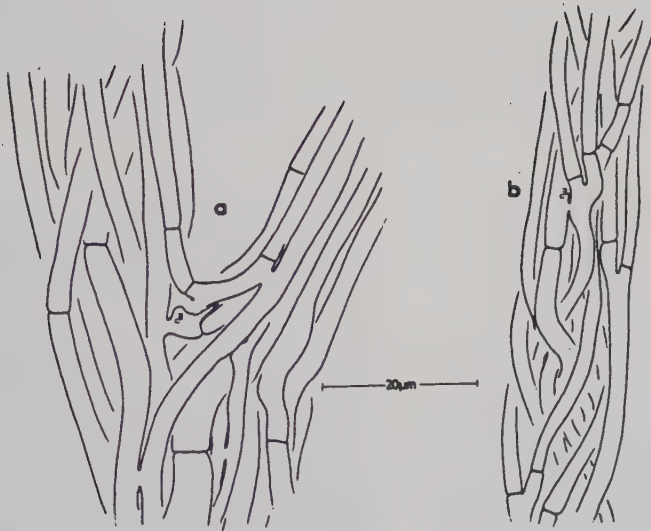


Abbildung 1.3

Tricholoma auratum

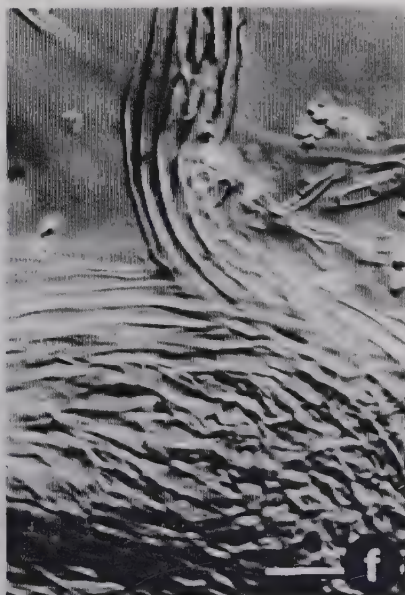
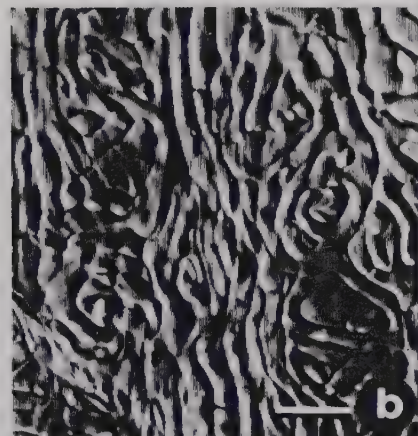
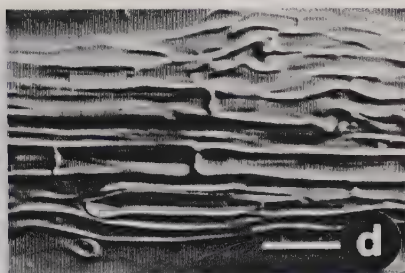
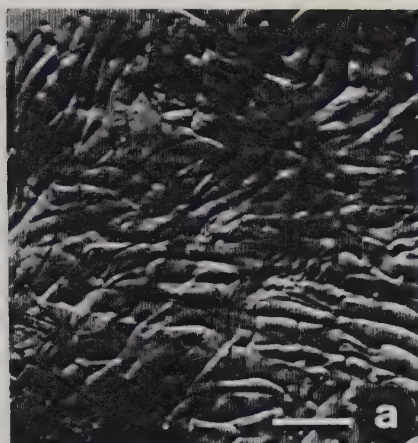


Abbildung 1.1

a) Habitus der Ektomykorrhiza von *Tricholoma auratum* an *Pinus silvestris*; b) Mantelaufsicht; c) Aufsicht auf Hartigsches Netz -Palmetti-Typ; d) Mantel, innere Schicht; e) abziehende Hyphen mit typischen Hyphenverbindungen (Anastomosen). Alle Abb. von UM-D80.

Abbildung 1.2

a) Rhizomorphen-Verzweigung; b) junge Rhizomorphe; a) und b) mit Anastomosen als typische Hyphenverbindung. Beide Abb. von UM-D80.

Abbildung 1.3

a) Mantelaufsicht; b) Mantel, mittlere Schicht; c) Mantel, innerste Schicht; d) Rhizomorphe im optischen Längsschnitt; e) Rhizomorphe im Querschnitt; dünne und dicke Hyphen sind über den Querschnitt gleichmäßig verteilt; f) kleinere Rhizomorphe zweigt aus größerer Rhizomorphe ohne Knoten ab. Alle Abbildungen von UM-D80.

Abbildung 1.4

a) Mantelinnenansicht; b) abziehende Hyphen; c) Mantelaufsicht, älterer Mykorrhizenteil; d) Längsschnitt durch die Mykorrhiza mit Mantel, Tanninzellen und Rindenzellen, letztere vom Hartigschen Netz umgeben; e) Querschnitt durch die Mykorrhiza mit Mantel, Tanninzellen, Rindenzellen und Hartigschem Netz. Alle Abbildungen von UM-D80;

TRICHOLOMA FLAVOBRUNNEUM (Fr.) Kummer (Abb. 2.1-2.4)

AN BETULA PENDULA

Referenzbeleg: Deutschland, Bayern, Weilheim, Peissenberg, Schweinefilz an *Betula pendula*, 11.10.1986. Fruchtkörper MU 203, in M; Mykorrhiza UM-X20, in M.

Morphologie (Abb. 2.1.a)

Das Mykorrhizasystem ist unregelmäßig verzweigt und bis zu 6mm lang; unverzweigte Seitenenden bis 4mm lang und 0,3mm im Durchmesser; Enden gebogen bis gewunden; Oberfläche dicht strähnig; Mykorrhiza in allen Teilen schmutzig-weiß, manchmal bis bräunlich; stellenweise mit silbrigem Schein, der von eingeschlossener Luft herrührt; nach Herausstreichen der Luft bräunlich.

Anatomische Merkmale der Oberfläche

Mantelaufsicht (Abb. 2.1.b, 2.1.e, 2.4.a) Plectenchymatisch; keine regelmäßigen Muster erkennbar; Hyphen 3-5µm im Durchmesser; Zellwände unauffällig; Hypheninhalt und -wände leicht gelblich; Cystiden konnten nicht gefunden werden. Mantelaufsicht auf Mykorrhizenspitze sehr dicht plectenchymatisch (Abb. 2.1.e) bis angular.

Innere Mantelschicht (Abb. 2.4.b) dichter plectenchymatisch als äußere Partien des Mantels, manchmal epidermoide Zellen sichtbar; Hyphen bis zu 5µm im Durchmesser.

Mantelinnenansicht (Abb. 2.1.d) sehr dicht plectenchymatisch, stark gewunden und gebuchtet, z.T. wie *Palmetti*; Zellwand unauffällig.

Abziehende Hyphen (Abb. 2.3.a-d). 4-6(7)µm im Durchmesser; Septenabstand bis zu 150µm, Hyphen mit gelben Inkrustationen, die nur im Frischmaterial sichtbar sind und sich in sauren Lösungsmitteln auflösen; Hyphen mehrfach verzweigt; mit Kontakt-Septen; Septen ohne Schnallen; mit Anastomosen (Abb. 2.3.a); Hyphenenden kappenartig verdickt (Abb. 2.3.c).

Rhizomorphen (Abb. 2.2.a + b, 2.4.d+e) bis zu 0,4mm dick; parallel zur Mykorrhizenoberfläche abziehend; wenige Hyphen aus Rhizomorphen ausfasernd; Hyphen parallel

zur Längsachse der Rhizomorphe liegend; Rhizomorphe differenziert: Zentralhyphen: Septenabstand 50 bis 60 μm , Hyphendurchmesser 8 - 10 μm , Zellwände unauffällig, Hyphen glatt; Hypheninhalt und -wände gelb, oktaedrische Kristalle im Zellumen; Hyphen oft aufgebläht (Abb. 2.2.b). Übrige Hyphen: Septenabstand 25-40(60) μm , Hyphendurchmesser 4-6 μm , Zellwand unauffällig; mit gelben Inkrustationen, nur im Frischmaterial zu sehen (Abb. 2.2.a); Hypheninhalt und -wände leicht gelb; mit wenigen Schnallen; Kontakt-Septen häufig.

Anatomische Merkmale im Querschnitt (Abb. 2.4.f) Mantel plectenchymatisch, 5-15 μm dick, keine unterscheidbaren Schichten erkennbar, Hyphen besonders in äußeren Partien locker verwoben, in den inneren Partien des Mantels kompakt; Hyphen tangential (2)3-5(7) μm , radial 2-3(4) μm . Tanninzellen: tangential verlängert, unregelmäßig zusammengedrückt, eine Reihe sichtbar; tangential 10-30 μm , radial 4-10 μm ; Tct = 18,3 μm ; TCq: 2,5.

Rindenzellen: 4 - 5 Reihen; in der äußeren Reihe radial rechteckig, tangential 13-20 μm , radial (30)40-50(55) μm ; CCT = 15,0 μm ; CCq: 0.33; innere Reihen rundlich (20-30 x 30 μm); Hartigsches Netz: 1 Hyphenreihe um die Tanninzellen und um die Rindenzellen; Hyphen des Hartigschen Netzes rund bis oval, etwa 5 μm im Durchmesser.

Anatomische Merkmale im Längsschnitt (Abb. 2.2.a, 2.3.a, 2.4.c) Mantelhyphen radial 3-5 μm , tangential 4-10 μm ; Tanninzellen unregelmäßig zusammengedrückt, besonders distal einander überlappend, tangential (10)20-30 μm , radial 4-10 μm ; Tct = 24,7 μm ; TCq: 3,4; Rindenzellen: äußere Reihe: quaderförmig, schräg liegend, tangential (8)10-15 μm , radial (leicht schräg) (30)40-50(55); CCT = 12 μm ; CCq: 0,26; innere Reihen rundlich (20-30 x 30 μm); Hartigsches Netz vom Palmetti-typ, Lappen sehr fein, 2-(4) μm breit (Abb. 2.1.c, 2.3.a).

Farbreaktionen in verschiedenen Reagenzien

Anilin: --; Brilliant-Kresyl-Blau: blau, nach Waschen mit Wasser: Abziehende Hyphen violett, Mantelhyphen leicht grün, Inkrustationen rötlich violett; Baumwoll-

blau: --; Ethanol 70%: --; Guaiac: --; Eisensulfat: leicht braun; KOH: braun, Inkrustationen nicht gelöst; Melzer's reagenz: --; Phenol: --; Phenol-Anilin: --; Säure-Fuchsin: --; Sulfo-Vanillin: Tanninzellen und palisadenartige Rindenzellen gelbrot, Hyphen hyalin, Inkrustationen gelöst.

Autofluoreszenz

Ganze Mykorrhiza: UV 254 nm: --; UV 366 nm: --; Mantel: (in Milchsäure) UV-filter (340-380nm): leicht blau; Blaufilter (450-490nm): grüngelb; Grünfilter (530-560nm): --. Tanninzellen: UV-filter: --; Blaufilter: rötlich; Grünfilter: --; palisadenartige äußere Rindenzellen: UV-filter: --; Blaufilter: rötlichgelb; Grünfilter: --.

Kernfärbung

Zwei Kerne pro Zelle; Septenabstand schwankt von eng benachbart bis 25µm; Form rund bis oval; 1,5-2µm im Durchmesser; keine siderophile Granulation, Inkrustationen dunkelgelb (Methode: Acetocarmin).

Verwendetes Material und Identifikation

Referenzbeleg; Direkte Verbindungen zwischen Fruchtkörper und Mykorrhiza konnten nachgewiesen werden.

Mykorrhiza von *Tricholoma flavobrunneum* in der Literatur
Melin (1923) synthetisierte Mykorrhizen von *T. flavobrunneum* an *Betula pendula*. Er charakterisierte sie als monopodial verzweigt, Durchmesser der unverzweigten Seitenenden bis zu 0,4 mm und weiß; Rhizomorphen bis zu 50µm. Die Manteldicke wird mit 40µm angegeben, pseudo-parenchymatisch mit zahlreichen Hyphen und Hyphensträngen, die ins Medium ausstrahlen. Das Hartigsche Netz war nur in den äußersten Teilen der palisadenartigen Rindenzellen entwickelt. Zusätzlich soll es intrazelluläre Infektionen gegeben haben, besonders in den palisadenartigen Rindenzellen und der direkt folgenden Reihe der Rindenzellen. Eine solche Infektion konnte hier nicht beobachtet werden, während die anderen Merkmale bestätigt

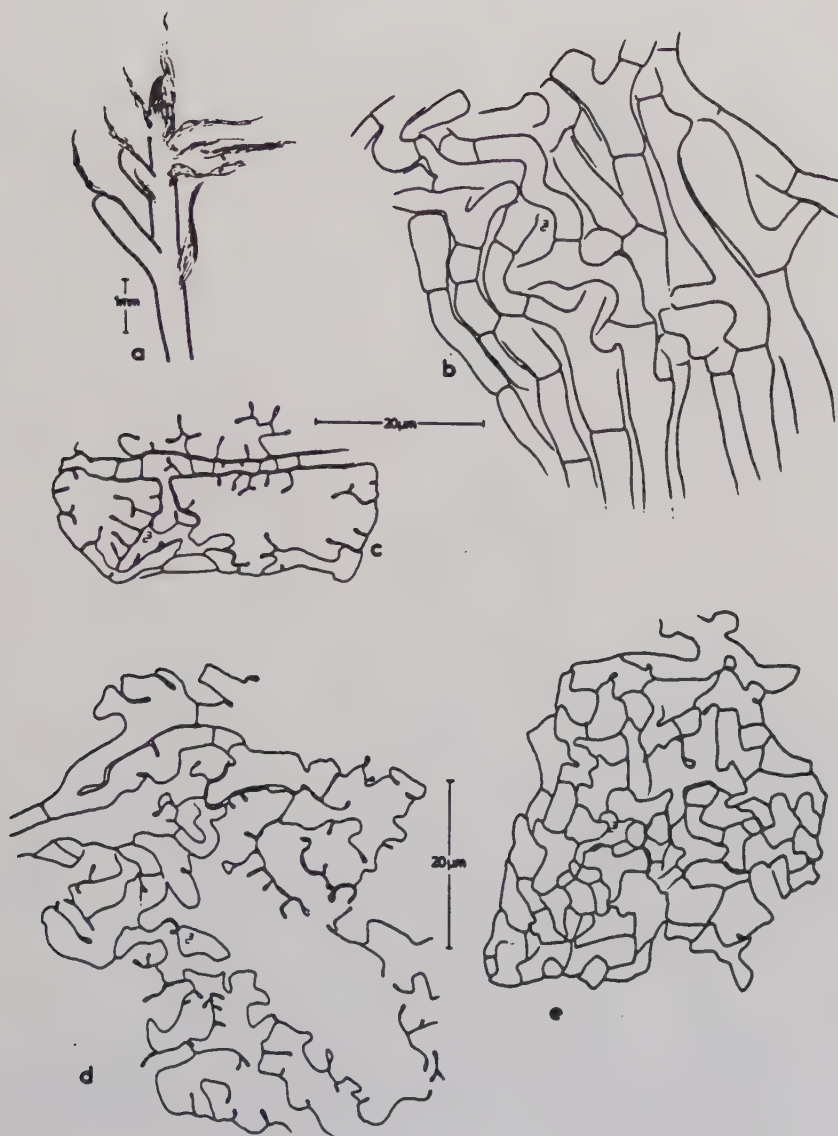
werden können.

Norkrans (1949) charakterisierte die synthetisierte Mykorrhiza von *Tricholoma flavobrunneum* an *Pinus silvestris*. Sie habe keinen Mantel aber ein gut ausgebildetes Hartigsches Netz. Diese Beschreibung ist daher weder interpretier- noch vergleichbar.

Godbout&Fortin (1985b) verglichen die Merkmale synthetisierter Mykorrhizen (Growthpouch-Methode) einiger Gattungen. Die Autoren betonen als für *Tricholoma*-Mykorrhizen gemeinsame Merkmale zwei Dinge: weißer und wolliger und zweischichtiger Mantel. Bedauerlicherweise werden keine weiteren Merkmale mehr von den Autoren verglichen.

Abbildung 2.1

Tricholoma flavobrunneum



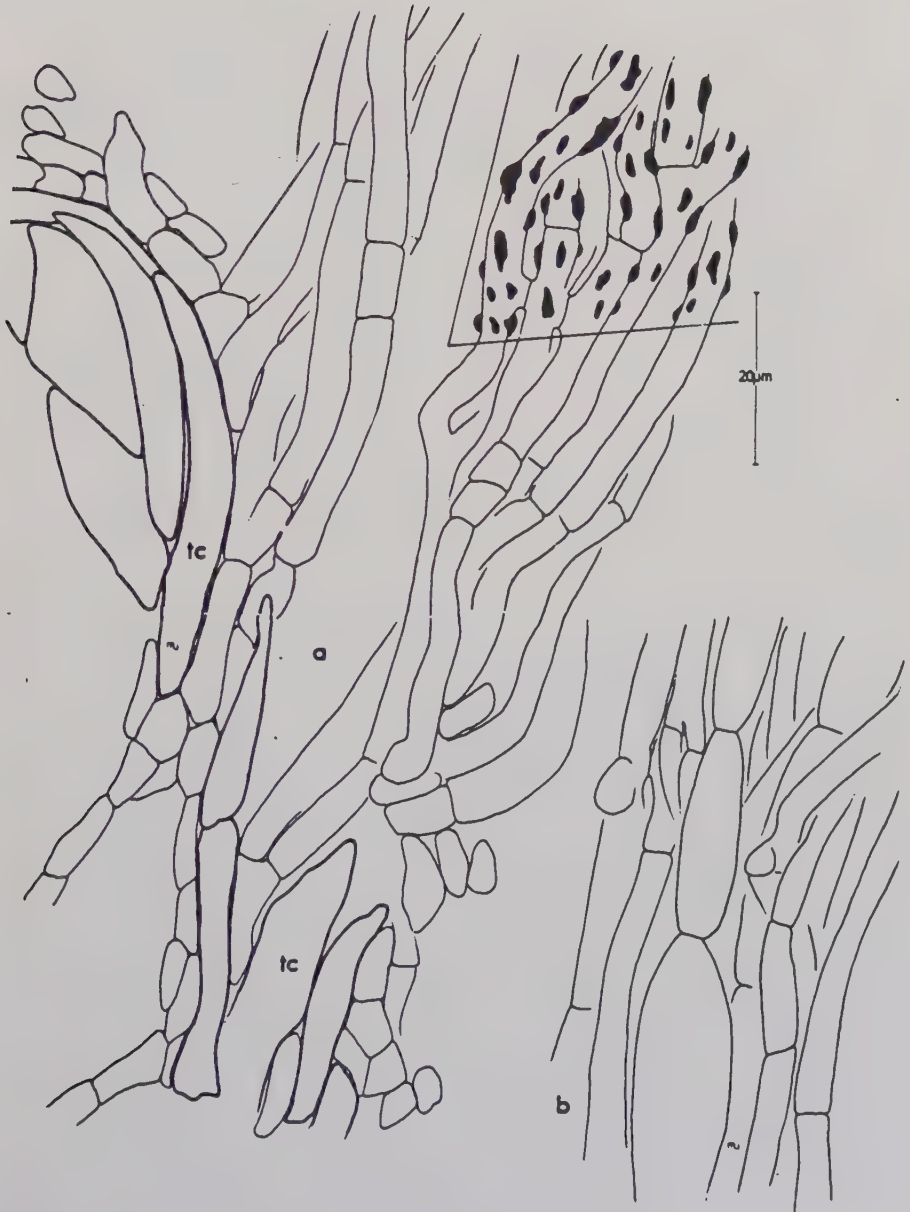
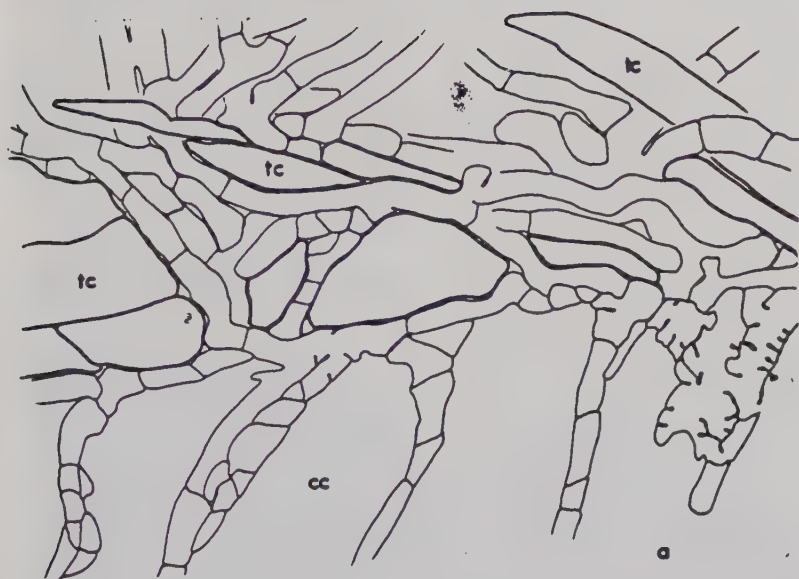


Abbildung 2.3

Tricholoma flavobrunneum



20µm

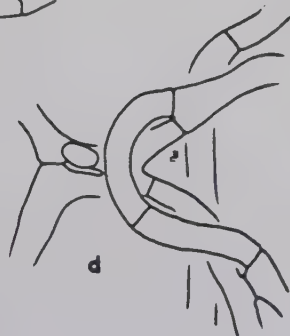
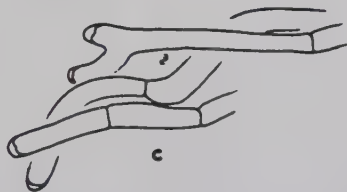


Abbildung 2.4

Tricholoma flavobrunneum

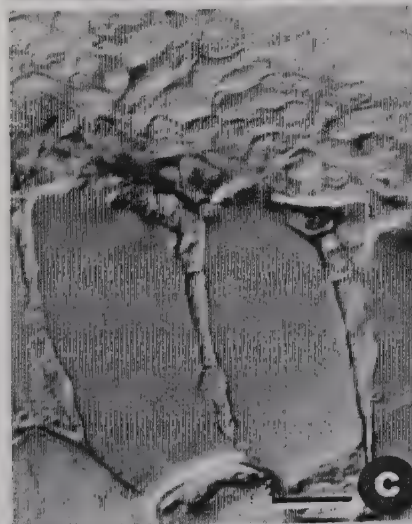
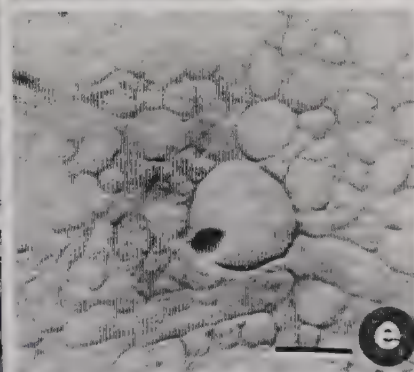
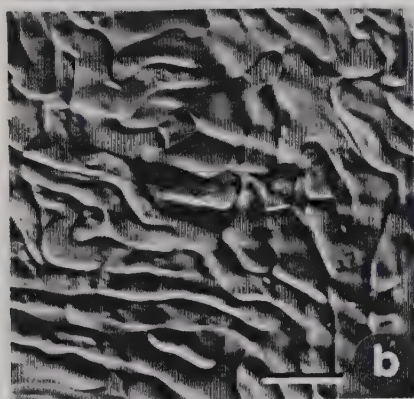
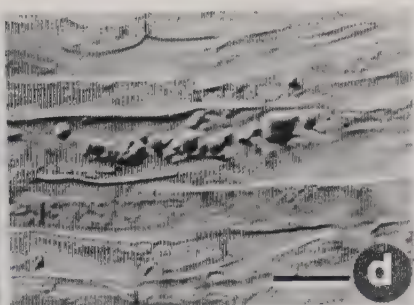
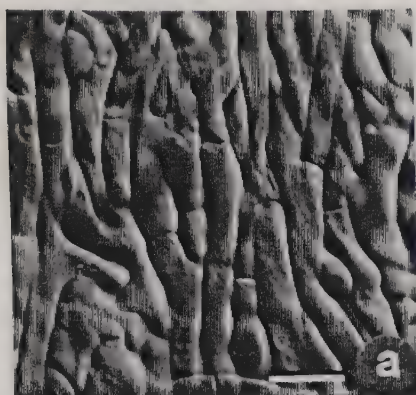


Abbildung 2.1

a) Habitus der Mykorrhiza von *Tricholoma flavobrunneum* an *Betula pendula*; b) Mantelaufsicht; c) Aufsicht auf Hartigsches Netz -Palmetti-Typ; d) Mantel, innere Schicht; e) Mantelaufsicht an der Mykorrhizenspitze. Alle Abb. von UM-X20;

Abbildung 2.2

a) Längsschnitt durch die Mykorrhiza mit abziehenden Rhizomorphen, Tanninzellen; z.T. nach außen abgedrängt (tc= Tanninzellen; cc= Rindenzellen); b) Rhizomorphe mit Zentralhyphe, zwischen den Septen leicht aufgebläht. Alle Abb. von UD-X20.

Abbildung 2.3

a) Längsschnitt durch die Mykorrhiza mit abziehenden Hyphen, Mantel, Tanninzellen (tc) - z.T. nach außen gedrängt-, Rindenzellen (cc) und Hartig'schem Netz; b) abziehende Hyphen, Inkrustierung nur teilweise gezeichnet, mit typischen Hyphenverbindungen (Kontaktsepten); c) Enden von abziehenden Hyphen mit kappenförmigen Endverdickungen der Zellwand; d) abziehende Hyphen mit Hyphenverbindungen. Alle Abb. von UD-X20.

Abbildung 2.4

a) Mantelaufsicht; b) Mantel, innere Schicht; c) Längsschnitt durch die Mykorrhiza mit antiklinem Hartigschen Netz; d) Rhizomorphe längs geschnitten mit Zentralhyphe mit Kristallen im Lumen -siehe Pfeil-; e) Rhizomorphe quer geschnitten mit Zentralhyphe mit Kristall im Lumen -siehe Pfeil-; f) Querschnitt durch Mykorrhiza; durch schräg geschnittene Rindenzellen hier auch periklines Hartigsches Netz. Alle Abbildungen von UM-X20; Maßstab 10µm.

TRICHOLOMA AURANTIUM (Schff.:Fr.)R. (Fig 3.1-3.4)
AN PICEA ABIES

Referenzbeleg: Deutschland, Bayern, Berchtesgadener Land, Wachterlsteig, an Picea abies, leg. R.Treu, 30.09.1986, Fruchtkörper UM-278 und Mykorrhizen UM-X40, in M.

Morphologie (Abb. 3.1.a)

Mykorrhizensystem bis zu 6mm lang und monopodial-pyramidal bis unregelmäßig verzweigt; unverzweigte Enden bis 2 mm lang und 0,3mm im Durchmesser; meist gebogen bis gewunden; Oberfläche dicht strähnig; weiß; stellenweise mit silbrigem Schein, der von eingeschlossener Luft herührt, nach herausstreichen der Luft cremebräunlich.

Anatomische Merkmale der Oberfläche

Mantelaufsicht (Abb. 3.1.b, 3.3.a) plectenchymatisch, locker verwoben, Hyphen 3-4µm im Durchmesser, allmählich in abziehende Hyphen übergehend (bis zu 4µm); Zellwand unauffällig, Hypheninhalt und -wände leicht gelblich; Oberfläche an der Mykorrhizenspitze plectenchymatisch; Cystiden konnten nicht gefunden werden. Mittlere Schicht (Abb. 3.1.c, 3.3.b) dichter plectenchymatisch.

Mantellinnenansicht (Abb. 3.1.d, 3.3.c) sehr dicht plectenchymatisch; Hyphen 2-4µm im Durchmesser; keine regelmäßigen Muster erkennbar; Zellwand unauffällig.

Abziehende Hyphen (Abb. 3.2.b, 3.4.c) 3-4µm im Durchmesser; Zellwand unauffällig; Hyphen mit nadelförmigen, säurelöslichen Inkrustationen; Hypheninhalt und -wände leicht gelb; Septen ohne Schnallen.

Rhizomorphen (Abb. 3.2.a, 3.4.a+b) bis zu 0,3mm dick; abziehend, parallel der Mykorrhizenoberfläche; wenige Hyphen aus der Rhizomorphe ausfasernd; Hyphen dicht verwoben; Rhizomorphen in dickere und dünnere Hyphen differenziert, wobei die dickeren Hyphen zentral angeordnet sind; dünnere Hyphen 3-4µm im Durchmesser; dickere Hyphen 7-9(10)µm; Zellwand unauffällig; Hypheninhalt und -wände leicht gelb; an Verzweigungen Knoten bildend.

Anatomische Merkmale im Querschnitt (Abb. 3.3.d)

Mantel: Plectenchymatisch, 25-30µm dick; unterscheidbare Schichten nicht erkennbar, nur innere Mantelpartien etwas kompakter; Hyphen tangential 3-6µm, radial 3-5µm und länger (abziehende Hyphen).

Tanninzellen tangential unregelmäßig elliptisch oder oval, zusammengedrückt, eine Reihe vorhanden; tangential 20-50(70)µm, radial (4)8-15µm, TCt = 39,3µm; TCq: 5,2.

Rindenzellen: 3-4 Reihen; rund bis tangential oval, tangential (15)30-55µm, radial 15-40µm, CCT = 40,8µm; CCq: 1,98;

Hartigisches Netz: reicht 3-4 Rindenzellenreihen tief; Hartigisches Netz um die Tanninzellen 3-5µm dick; eine Hyphenreihe; Zellen kurzoval; Hartigisches Netz um die Rindenzellen 3-8µm dick, 1-2 Hyphenreihen stark; Zellen unregelmäßig länglich.

Anatomische Merkmale im Längsschnitt (Abb. 3.4.d)

Mantel 25-30µm dick; durchwegs plectenchymatisch; keine unterscheidbaren Schichten; Hyphen tangential 3-15µm, radial 2-3(-5)µm;

Tanninzellen unregelmäßig zusammengedrückt, mit konkaven Einbuchtungen; tangential 40-70(90)µm, radial 15-30(40)µm, TCt = 60µm; TCq: 8.

Rindenzellen meist tangentialoval; tangential 45-80(90)µm, radial 15-40µm, CCT = 62µm; CCq: 3.

Hartigisches Netz vom Palmetti-typ mit 2-4µm breiten Lappen (Abb. 3.2.c).

Farbreaktionen in verschiedenen Reagenzien

Anilin: braun; Brilliant-Kresyl-Blau: blau; nach waschen mit Wasser: Ränder des Mantelstückes leicht violett; Baumwollblau: --; Ethanol 70%: --; Guaiac: --; Eisensulfat: oliv-bräunlich; KOH 15%: hell-ocker; Melzer's Reagenz: --; Phenol: --; Phenol-Anilin: Zellinhalt granulär bräunlich; Säure-Fuchsin: --; Sulvo-Vanillin: --.

Autofluoreszenz

Ganze Mykorrhiza UV 254nm:--; UV 366nm:--. Mantel : UV-filter(340-380nm): Zellwände leicht bläulich; Blaufilter(450-490nm): --; Grünfilter:(530-560nm): Zellwände leicht gelblich; Tanninzellen: UVfilter: --; Blaufilter: rötlich-orange gelb; Grünfilter: --; abziehende Hyphen: UV-filter: Zellwand leicht blau; Blaufilter: leicht gelb; Grünfilter: --. Hartigches Netz: --.

Kernfärbung

1 - 2 Kerne pro Zelle, Kernabstand weit (>10µm); Kerne rund mit Durchmessern von 0.8 - 2 µm; wenige siderophile Granula (Methode: Acetocarmin).

Verwendetes Material und Identifikation

Referenzbeleg; Weiterer untersuchter Beleg: Deutschland, Bayern, Berchtesgadener Land, Wachterlsteig, an Picea abies, leg. R.Treu, 18.09.1986, Fruchtkörper UM-187, Mykorrhiza UM-X10. Verbindungen zwischen Fruchtkörpern und Mykorrhiza konnten nachgewiesen werden.

Mykorrhizen von Tricholoma aurantium in der Literatur

Eine Beschreibung der Mykorrhiza von Tricholoma aurantium liegt in der Literatur nicht vor.

Abbildung 3.1

Tricholoma aurantium

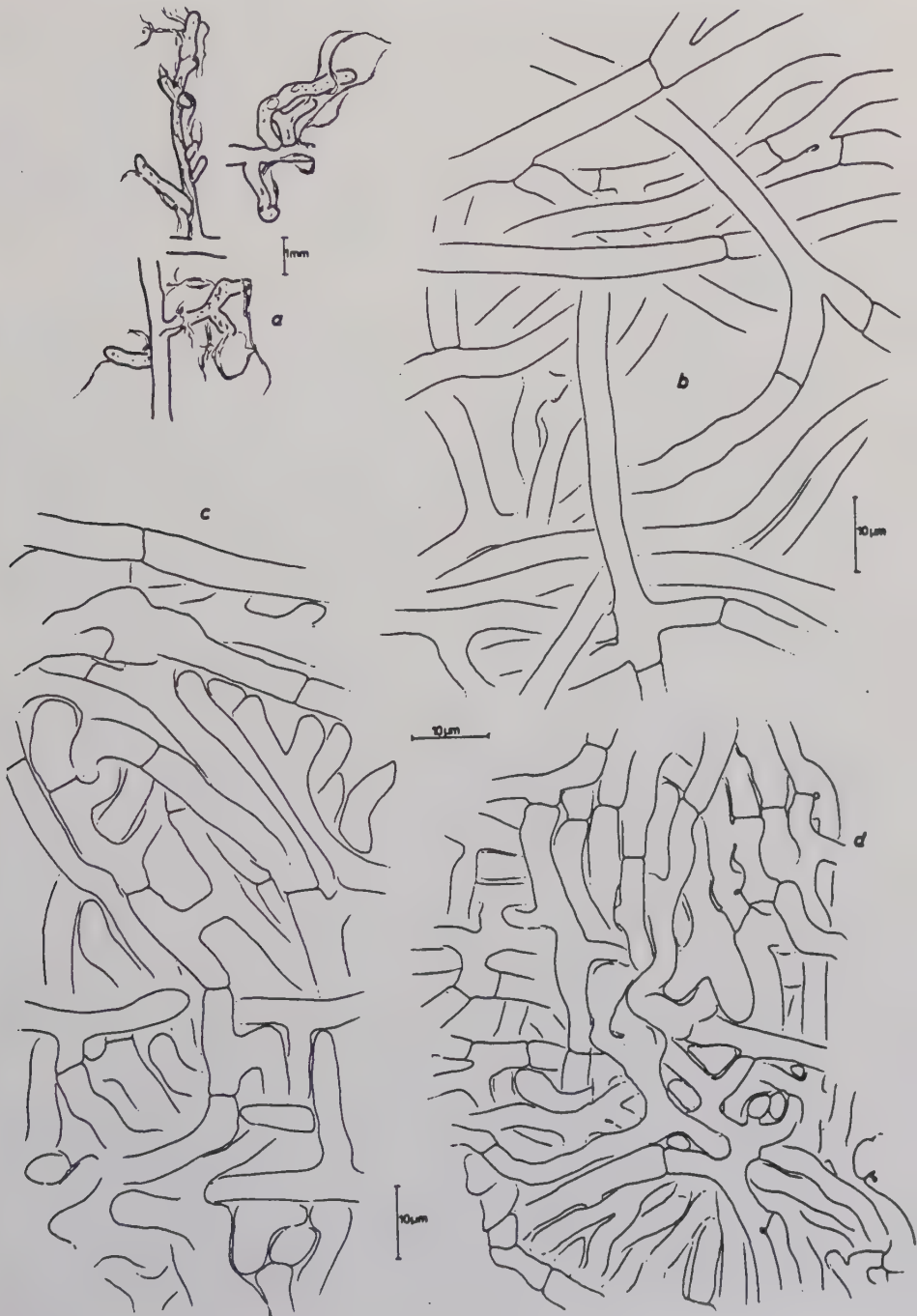


Abbildung 3.2

Tricholoma aurantium

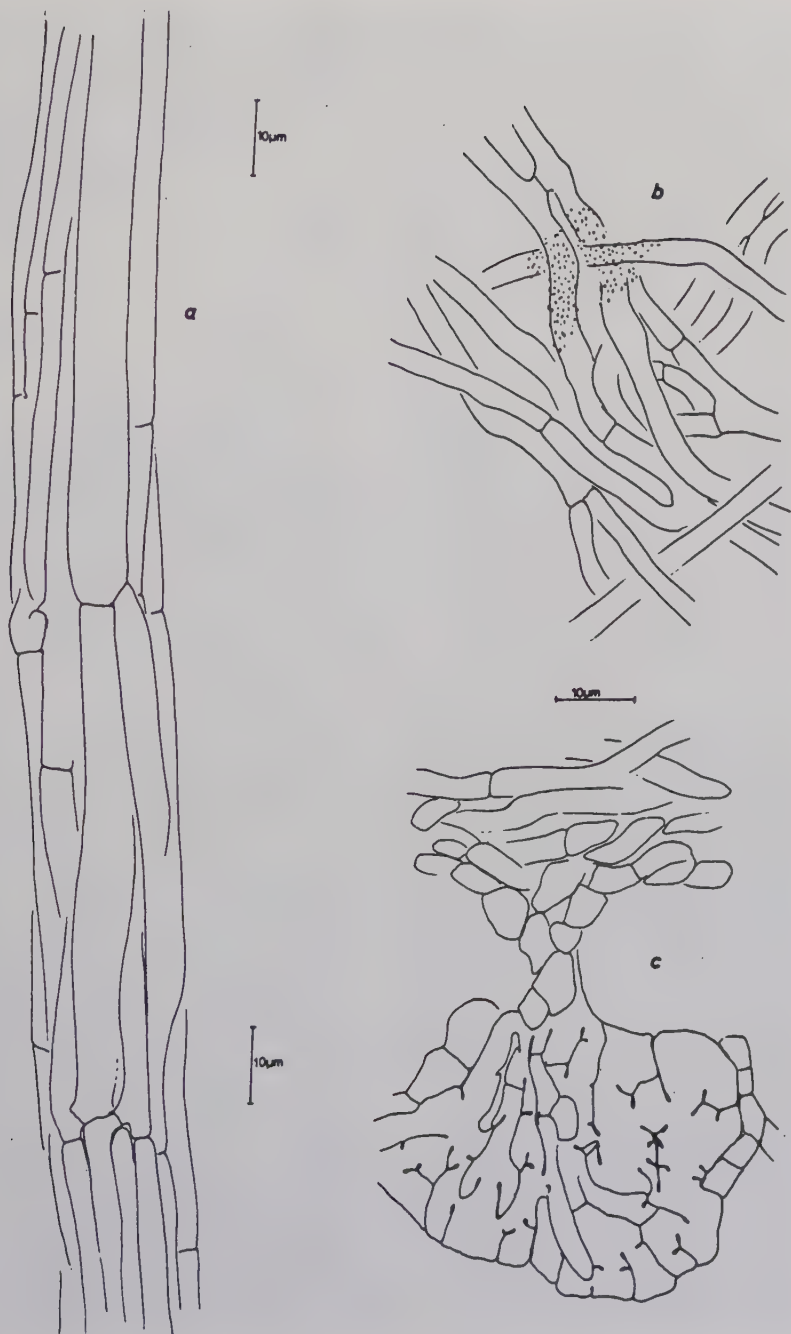


Abbildung 3.3

Tricholoma aurantium

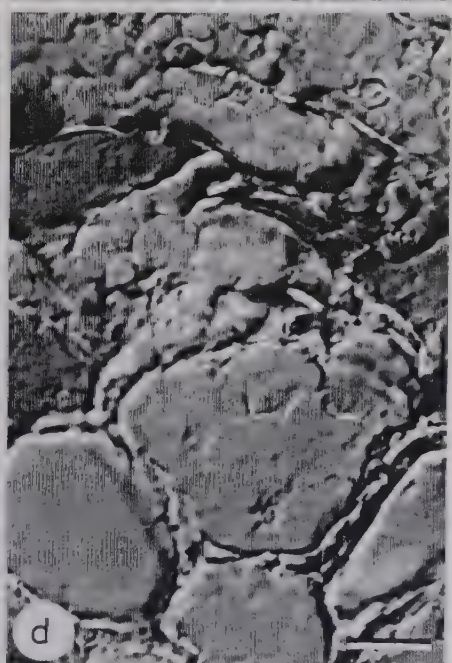


Abbildung 3.4

Tricholoma aurantium

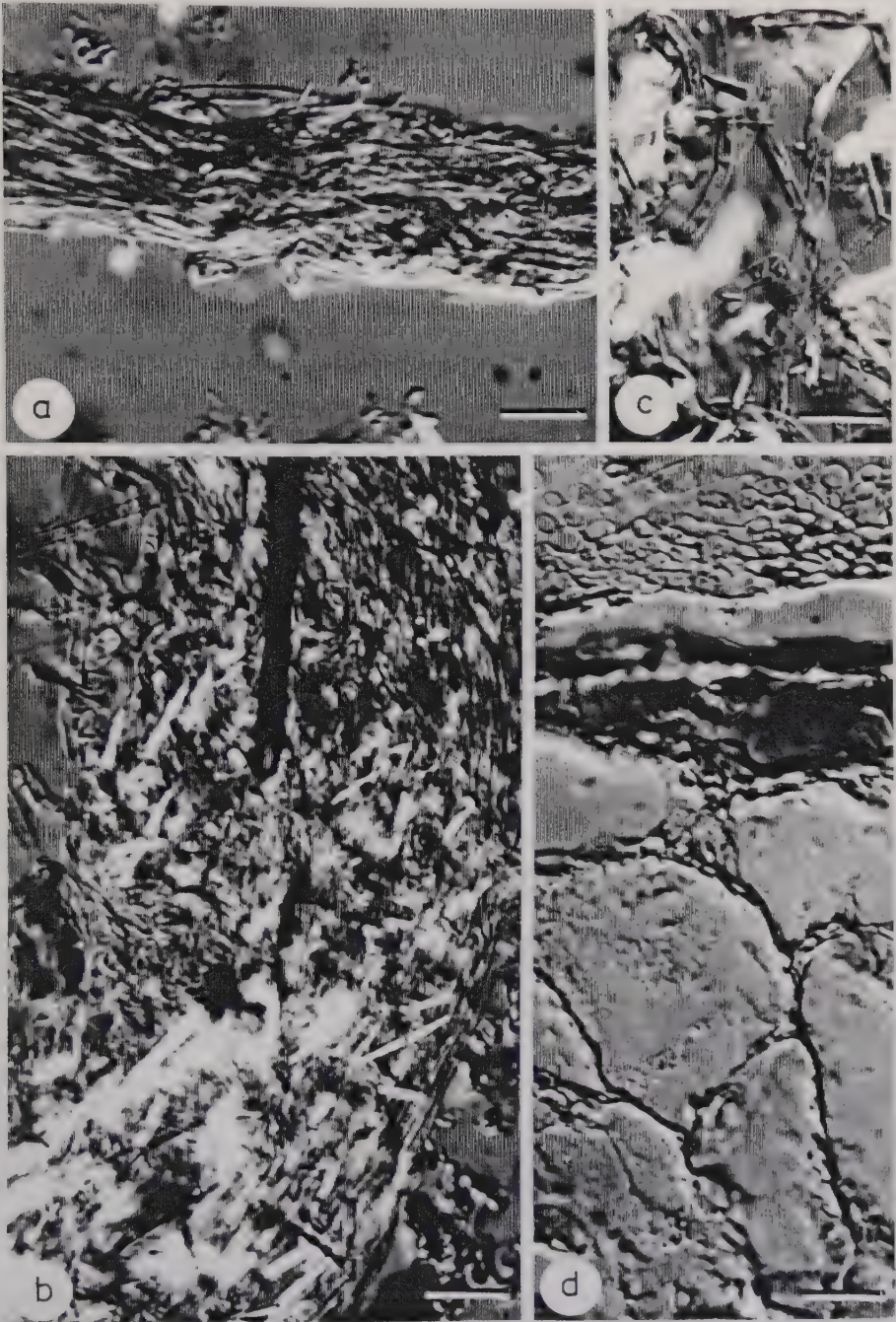


Abbildung 3.1

a) Habitus der Mykorrhiza von *Tricholoma aurantium* an *Picea abies*. b) Mantelaufsicht; c) Mantel, mittlere Schicht; d) Mantel, innere Schicht. Alle Abb. von UM-D40.

Abbildung 3.2

a) Rhizomorphe, optischer Längsschnitt; b) abziehende Hyphen mit Inkrustationen; c) Hartigsches Netz in Aufsicht, Palmettityp. Alle Abbildungen von UM-X40.

Abbildung 3.3

a) Mantelaufsicht, Mantel z.T. inkrustiert; b) Mantel, mittlere Schicht; c) Mantel, innere Schicht; d) Querschnitt durch die Mykorrhiza mit Mantel, Tanninzellen, Rindenzellen und Hartigschem Netz. Alle Abbildungen von UM-X40; Maßstab 10µm.

Abbildung 3.4

a) Rhizomorphe, optischer Längsschnitt; b) ältere Rhizomorphe, äußere Hyphen z.T. inkrustiert; c) abziehende Hyphen, inkrustiert; d) Längsschnitt durch die Mykorrhiza mit Mantel, Wurzelhaubenreste, Tanninzellen, Rindenzellen und Hartigschem Netz. Alle Abbildungen von UM-X40; Maßstab 10µm.

TRICHOLOMA SAPONACEUM (Fr.) Kummer (Fig 4.1-4.4)**AN PICEA ABIES**

Referenzbeleg: Deutschland, Schöngeising, Schöngeisinger Forst, an Picea abies, leg. R.Treu, 13.09.1986, Fruchtkörper UM-249 und Mykorrhizen UM-D210, in M.

Morphologie (Abb. 4.1.a)

Mykorrhizensystem bis zu 1cm lang und monopodial-pyramidal verzweigt; unverzweigte Enden bis 1,5mm lang und 0,3mm im Durchmesser; Form gerade; Oberfläche dicht strähnig bis netzig; weiß; stellenweise mit silbrigem Schein, der von eingeschlossener Luft herrührt; nach Herausstreichen der Luft bräunlich.

Anatomische Merkmale der Oberfläche

Mantelaufsicht (Abb. 4.1.b, 4.3.a) plectenchymatisch, locker verwoben, Hyphen 2-3(-4)µm im Durchmesser, allmählich in abziehende Hyphen übergehend; Zellwand unauffällig, Hypheninhalt und -wände leicht gelblich; Oberfläche an der Mykorrhizenspitze plectenchymatisch; Cystiden konnten nicht gefunden werden; in tieferer Schicht zunehmend dichter plectenchymatisch (Abb. 4.1.c, 4.3.b) mit parallelen Strukturen.

Mantelinnenansicht (Abb. 4.1.d+e, 4.3.c) sehr dicht plectenchymatisch; Hyphen stark verzweigt und ausgebuchtet, 2-3µm im Durchmesser bzw. breit; keine regelmäßigen Muster erkennbar; Zellwand unauffällig.

Abziehende Hyphen (Abb. 4.3.a) 3-5µm im Durchmesser; Zellwand unauffällig; Hyphen ohne Inkrustationen; Hypheninhalt und -wände leicht gelb; wenige Schnallen; Verzweigungen rechtwinkelig.

Rhizomorphen (Abb. 4.2.b-d, 4.3.d, 4.4d+e) Bis zu 100µm dick; parallel der Mykorrhizenoberfläche abziehend; wenige Hyphen aus der Rhizomorphe ausfasernd; Hyphen dicht verwoben; Kontaktsepten selten, Rhizomorphen in dickere und dünnere Hyphen differenziert, wobei die dickeren Hyphen zentral angeordnet sind; dünnere Hyphen 3-5µm im Durchmesser, Septenabstand 30-50µm, Zellwand unauffällig; dickere Hyphen 10-25µm im Durchmesser, Septenab-

stand 30-90µm, Septen in älteren Rhizomorphen verdickt und wellig; Zellwand bis 0.5µm dick; Hypheninhalt und -wände leicht gelblich hyalin; an Verzweigungen Knoten bildend. Ältere Zentralhyphen an den Septen stark eingezogen, Septen manchmal zum Teil aufgelöst (Abb. 4.4.e).

Anatomische Merkmale im Querschnitt (Abb. 4.4.b)

Mantel: Plectenchymatisch, 10-20µm dick; unterscheidbare Schichten nicht erkennbar, nur innere Mantelpartien kompakter; Hyphen tangential 3-4(-5)µm und länger (abziehende Hyphen), radial 2-4µm. Tanninzellen unregelmäßig zusammengedrückt mit konkaven Wänden; 1(-3) Schichten; tangential (15)20-40µm, radial 5-15µm, TCt = 26,5µm; TCq: 3,6. Rindenzellen: 3-4 Reihen; rund bis tangential-oval, tangential (15)20-35(40)µm, radial 15-45µm, CCt = 27µm; CCq: 1; Hartigisches Netz: 3-4 Rindenzellenreihen tief; Hartigisches Netz um die Tanninzellen 2-4µm dick; eine Hyphenreihe; Zellen rund; Hartigisches Netz um die Rindenzellen 1-2µm dick, 1 Hyphenreihe; Zellen unregelmäßig langgezogen.

Anatomische Merkmale im Längsschnitt (Abb. 4.4.a)

Mantel 10-20µm dick; durchwegs plectenchymatisch; keine unterscheidbaren Schichten; Hyphen tangential 2,5-5µm, radial 3-5µm; Tanninzellen unregelmäßig zusammengedrückt, mit konkaven Einbuchtungen; tangential 60-120µm, radial 5-15µm, TCt = 77µm; TCq: 10,5. Rindenzellen meist tangential-loval; tangential 50-120µm, radial 15-45µm, CCt = 95µm; CCq: 3,7. Hartigisches Netz vom Palmetti-typ mit 2-4µm breiten Lappen (Abb.4.2.a, 4.4.c).

Farbreaktionen in verschiedenen Reagenzien

wegen Materialmangel nicht durchgeführt

Autofluoreszenz

Ganze Mykorrhiza UV 254nm:--; UV 366nm:--. Mantel: keine Autofluoreszenz; Tanninzellen: UVfilter: --; Blaufilter: gelb; Grünfilter: --; abziehende Hyphen und Hartigisches Netz: keine Autofluoreszenz.

Kernfärbung

Wegen Materialmangel nicht durchgeführt.

Verwendetes Material und Identifikation

Referenzbeleg; Direkte Verbindungen zwischen Fruchtkörper und Mykorrhiza konnten nachgewiesen werden.

Mykorrhizen von Tricholoma saponaceum in der Literatur
Norkrans (1949) synthetisierte die Mykorrhiza von Tricholoma saponaceum an Pinus silvestris und an Betula verrucosa. Sie betont in Ihrer Arbeit, daß die Pinus-Mykorrhiza einen parenchym-ähnlichen Mantel besitzt der bis zu 55µm dick gewesen sei bei einem Hyphendurchmesser von etwa 3µm. Das Hartigsche Netz war sehr gut entwickelt. Die entsprechende Betula-Mykorrhiza hatte einen lockereren Mantel und zeigte auch intrazelluläre Infektionen.

Der von Norkrans gefundene Mantel ist erheblich dicker als der Mantel der hier beschriebenen Mykorrhiza. Auch die Gewebeart ist mit "parenchym-ähnlich" abweichend vom hier beschriebenen Plectenchym. Beides könnte auf die Synthesebedingungen zurückzuführen sein (siehe Duddrige & Read 1984 a, b + c).

Abbildung 4.1

Tricholoma saponaceum

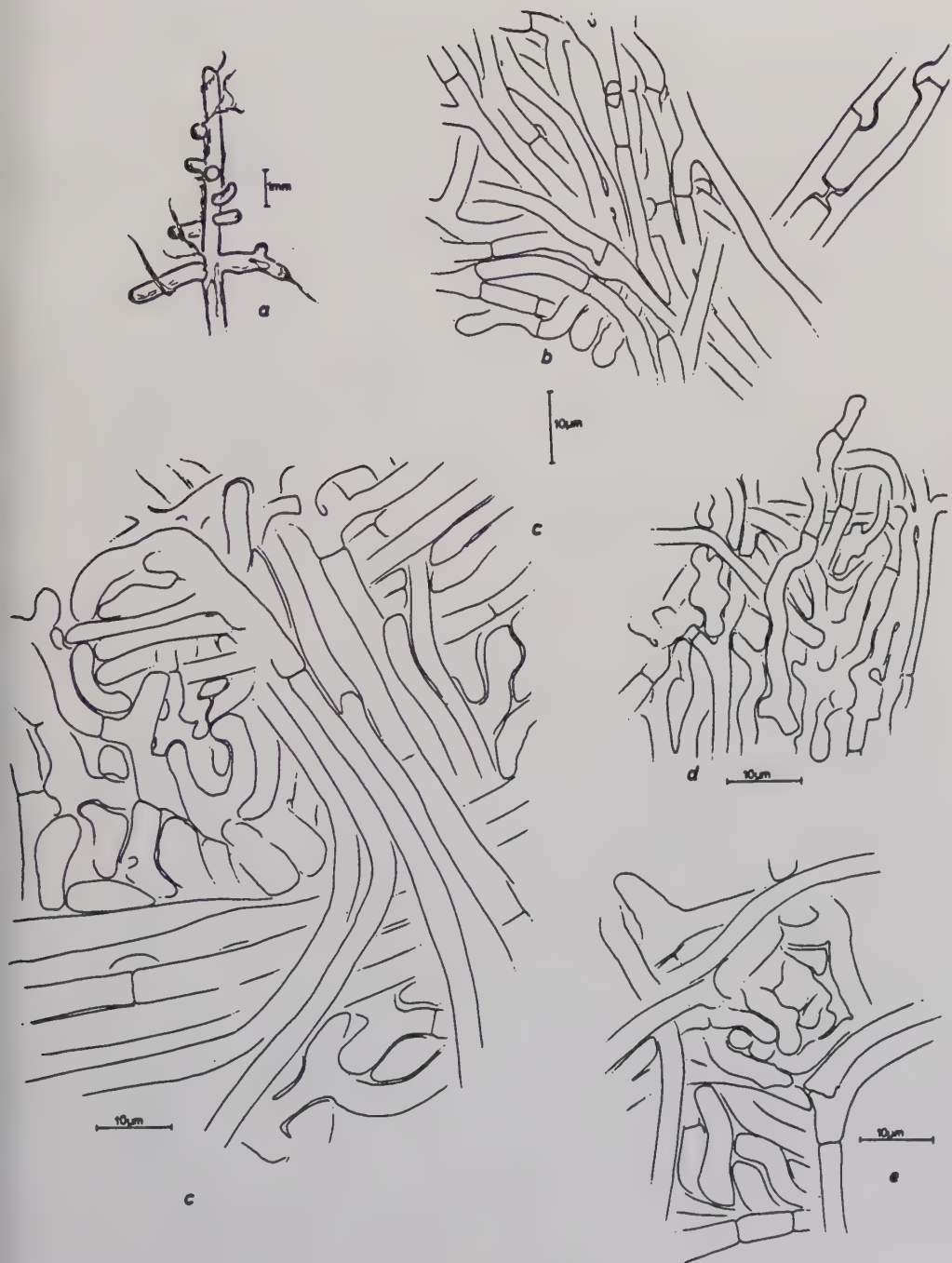
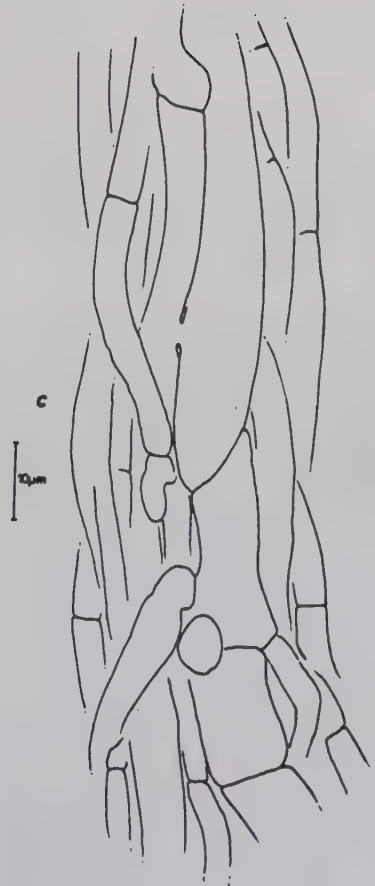
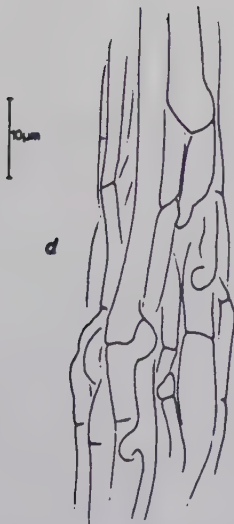
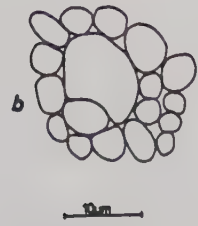
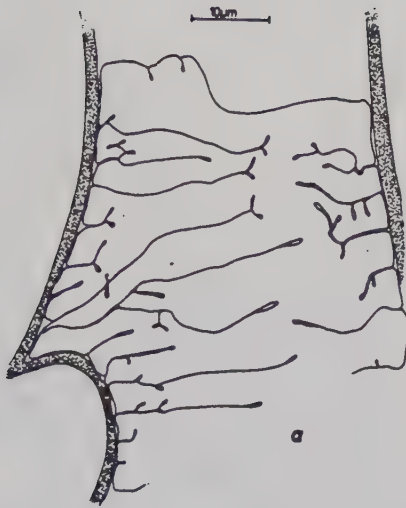


Abbildung 4.2

Tricholoma saponaceum



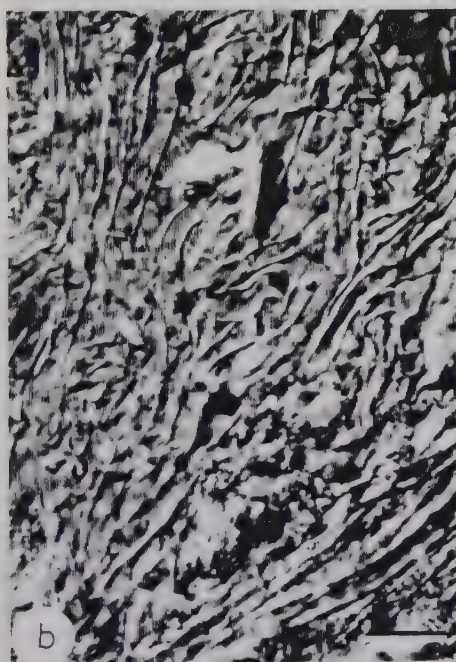


Abbildung 4.4

Tricholoma saponaceum

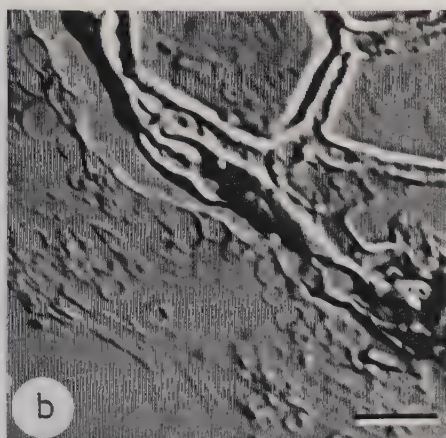
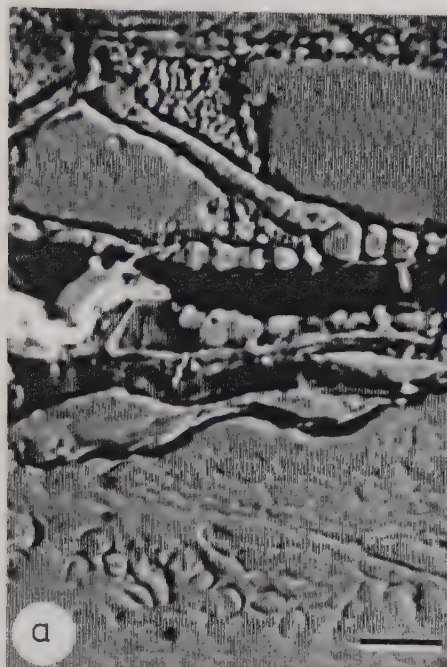


Abbildung 4.1

a) Habitus der Mykorrhiza von *Tricholoma saponaceum* an *Picea abies*; Maßstab 1mm; b) Mantelaufsicht mit wenigen Schnallen; Detail zeigt H-förmige Anastomose mit Septum (Kontaktseptum) c) Mantel, mittlere Schicht mit parallelen Mantelabschnitten mit dazwischenliegenden Flecken mit gewundenen und gebuchteten Hyphen; d) Mantelinnenseite; e) weitere Detailansicht der Mantelinnenseite. Alle Abbildungen von UM-D210.

Abbildung 4.2

a) Aufsicht auf Hartig'sches Netz, Palmetti-Typ; Zellwände der Rindenzellen verdickt; b) Querschnitt durch eine Rhizomorphe mit großlumiger Zentralhyph; c) ältere Rhizomorphe mit Zentralhyph; einfache Anastomose (Pfeil); d) jüngere Rhizomorphe, ohne Zentralhyph. Alle Abbildungen von UM-D210.

Abbildung 4.3

a) Mantelaufsicht, in abziehende Hyphen übergehend; b) Mantel, mittlere Schicht; c) Mantel, innere Schicht; d) Rhizomorphe, optischer Längsschnitt mit großlumigen Zentralhyphen. Alle Abbildungen von UM-D210; Maßstab 10µm.

Abbildung 4.4

a) Längsschnitt durch die Mykorrhiza mit Mantel, Wurzelhaubenresten, Tanninzellen, Rindenzellen und Hartigschen Netz; Rindenzellen mit Zellwandverdickung; b) Querschnitt durch die Mykorrhiza mit Mantel, Wurzelhaubenresten, Tanninzellen, Rindenzellen und Hartigschem Netz; Rindenzellen mit Zellwandverdickung; c) Hartigsches Netz in Aufsicht; Palmetti-Typ; d) Rhizomorphe im optischen Längsschnitt, zwischen den Septen leicht aufgebläht, Septum vollständig (Pfeil); e) Rhizomorphe im optischen Längsschnitt, an den Septen Zellwand stark eingezogen, Septen beginnen sich aufzulösen (Pfeil). Alle Abbildungen von UM-D210; Maßstab 10µm.

TRICHOLOMA VACCINUM (Pers.:Fr.) Kummer (Abb. 5.1-5.4)**AN PICEA ABIES**

Referenzbeleg: Deutschland, Bayern, Lkr. Fürstenfeldbruck, Buchenau, 2.10.1984, unter Picea abies, Fruchtkörper und Mykorrhiza RA10742 in M.

Morphologie (Abb. 5.1.a)

Mykorrhizensystem bis zu 5mm lang und monopodial-pyramidal verzweigt; unverzweigte Enden bis 2 mm lang und 0,35mm im Durchmesser, mykorrhizierte Achse bis 1.2mm im Durchmesser; gerade bis gewunden; Oberfläche dicht strähnig; weiß; silbriger Schein, der von eingeschlossener Luft herrührt; nach Herausstreichen der Luft bräunlich; dicht von fächerartigen Hyphenflächen umgeben, aus denen sich zahlreiche Rhizomorphen entwickeln.

Anatomische Merkmale der Oberfläche

Mantelaufsicht (Abb. 5.1.b, 5.1.c, 5.3.a) plectenchymatisch, locker verwoben, Hyphen 3-4µm im Durchmesser, allmählich in abziehende Hyphen übergehend; Zellwand unauffällig, Hyphen-inhalt und -wände leicht gelblich; Oberfläche an der Mykorrhizenspitze plectenchymatisch; Cystiden konnten nicht gefunden werden; in tieferer Schicht zunehmend mehrfachverzweigte Hyphen (Abb. 5.1.d, 5.3.b); Plectenchym kompakter.

Mantelinnenansicht (Abb. 5.1.e, 5.3.c) sehr dicht plectenchymatisch; Hyphen stark verzweigt, 2-3µm im Durchmesser; keine regelmäßigen Muster erkennbar; Zellwand unauffällig.

Abziehende Hyphen (Abb. 5.1.c, 5.2.c) 3-5µm im Durchmesser; Zellwand unauffällig; Hyphen ohne Inkrustationen; Hypheninhalt und -wände leicht gelb; Septen mit doliporus-ähnlichen Strukturen, ohne Schnallen.

Rhizomorphen (Abb. 5.2.a+b, 5.3.d+e, 5.4.c) Bis zu 120µm dick; parallel der Mykorrhizenoberfläche abziehend; wenige Hyphen aus der Rhizomorphe ausfasernd; Hyphen dicht

verwoben, Schnallen häufig; Kontaktsepten und Anastomosen selten, aber vorhanden; Rhizomorphen in dickere und dünnere Hyphen differenziert, die dickeren Hyphen zentral angeordnet; dünnere Hyphen 3-5µm im Durchmesser, Septenabstand 30-60(100); dickere Hyphen (Abb. 5.3.e, 5.4.c) 6-15µm, Septenabstand 20-150µm, Septen der Zentralhyphen in älteren Rhizomorphen manchmal teilweise aufgelöst, Hyphen an den Septen leicht eingezogen; mit bis 5x5µm großen, rautenförmigen Kristallen, meist in Septennähe; Zellwand bei allen Hyphen unauffällig; Hypheninhalt und -wände leicht gelb; an Verzweigungen Knoten bildend; äußere Hyphen mit kleinen warzenförmigen Inkrustationen, nur in Frischmaterial zu beobachten.

Anatomische Merkmale im Querschnitt (Abb. 5.4.a)

Mantel: Plectenchymatisch, 10-30µm dick; unterscheidbare Schichten nicht erkennbar, nur innere Mantelpartien etwas kompakter; Hyphen tangential 2-3(-5)µm, radial 1-3(4)µm und länger (abziehende Hyphen); kollabierte Zellreste der Kalyptra als dunkle, langezogene Linien im Mantel zu erkennen (siehe auch Autofluoreszenz); Tanninzellen sehr wenige, polygonal geformt mit konkaven Wänden; tangential 10-30(45)µm, radial 5-10µm, Tct = 19,8µm; TCq: 2,2. Rindenzellen: 3-4 Reihen; rund bis tangential-oval, tangential 20-40µm, radial (5)15-20µm, CCT = 27µm; CCq: 1,7; Hartigches Netz: 3-4 Rindenzellenreihen tief, innere Rindenzellenreihe nur noch an den radialen Wänden mit Hartigschem Netz umgeben; Hartigsches Netz um die Tanninzellen 1-4µm dick; eine Hyphenreihe; Zellen rund; Hartigsches Netz um die Rindenzellen 2-3µm dick, 1 Hyphenreihe; Zellen rund.

Anatomische Merkmale im Längsschnitt (Abb. 5.4.b)

Mantel 10-30µm dick; durchwegs plectenchymatisch; keine unterscheidbaren Schichten; Hyphen tangential 3-6µm, radial 2-5µm; Tanninzellen unregelmäßig zusammengedrückt, mit konkaven Einbuchtungen; tangential 20-60µm, radial 5-10µm, Tct = 35,5µm; TCq: 4. Rindenzellen meist tangential-oval; tangential 35-60(90)µm, radial (5)15-20µm, CCT = 48,5µm; CCq: 3. Hartigches Netz vom Palmetti-typ

mit 2-4µm breiten Lappen (Abb. 5.4.d).

Farbreaktionen in verschiedenen Reagenzien

Anilin: Rhizomorphen bräunlich; Brillant-Kresyl-Blau: blau; nach Waschen mit Wasser: Ränder des Mantelstückes leicht violett; Baumwollblau: --; Ethanol 70%: --; Guaiac: --; Eisensulfat: oliv-bräunlich; KOH 15%: Kristalle in Zentralhyphen lösen sich; Melzer's Reagenz: --; Phenol: --; Phenol-Anilin: Rhizomorphen rotbraun, andere Hyphen grau; Säure-Fuchsin: --; Sulvo-Vanillin: --.

Autofluoreszenz

Ganze Mykorrhiza UV 254nm:--; UV 366nm:--. Mantel: UV-filter(340-380nm): grünlich blau; Blaufilter(450-490nm): gelblich; Grünfilter:(530-560nm): --; Tanninzellen: UVfilter: --; Blaufilter: dunkel gelb; Grünfilter: --; abziehende Hyphen: wie Mantel. Hartig'sches Netz: --. Reste von Wurzelhaubenzellen: UV-filter: hellblau;

Kernfärbung

2 Kerne pro Zelle, Kernabstand relativ klein, 5-15µm; Kerne rund, mit Durchmessern von 1.5-2µm; siderophile Granula nur bei wenigen Hyphen (Methode: Acetocarmin).

Verwendetes Material und Identifikation

Beleg: Deutschland, Bayern, Mittenwald, unterhalb Arnspitze, an Picea abies, leg. R.Treu, 30.09.1986, Fruchtkörper UM-276 und Mykorrhizen UM-X30, in M.. Direkte Verbindungen zwischen Fruchtkörpern und Mykorrhiza konnten nachgewiesen werden.

Mykorrhizen von Tricholoma vaccinum in der Literatur

Die von Agerer (1987b) gegebene Beschreibung kann hier im großen und ganzen bestätigt werden. Auffällig ist, daß die von Agerer (l.c.) beschriebene Mykorrhiza in allen Teilen etwas größer ausfällt, als die hier beschriebene, obwohl sich die Maßangaben stets überlappen. Vom Habitus her und von den Proportionen ist die Ähn-

lichkeit sehr groß. Deutliche Abweichungen ergeben sich bei einigen Farbreaktionen. Agerer (l.c.) beobachtet in Gualac eine graublaue, nach Behandlung mit Wasser grünliche Verfärbung, der Rhizomorphen. Dies konnte bei der hier untersuchten Aufsammlung nicht beobachtet werden. Die bei der hier veröffentlichten Beschreibung beobachteten, rautenförmigen Kristalle, die sich in KOH auflösen, wurden von Agerer (l.c.) nicht beobachtet. Da solche Kristallbildungen möglicherweise auf bestimmte Bodenvoraussetzungen zurückgehen (siehe für Rhizopogon z.B. Malajczuk&Cromack 1982), könnte die unterschiedliche Herkunft des Probematerials für diesen Unterschied verantwortlich sein.

Ebenso wurde die durch Phenol-Anilin hervorgerufene rotbraune Verfärbung der Rhizomorphen-hyphen und eine leichte oliv-färbung der Mantelhyphen durch Eisensulfat von Agerer (l.c.) nicht beobachtet.

Hervorgerufen durch diese Unterschiede, wurde das dokumentierte Material untersucht. In beiden Fällen handelt es sich eindeutig um Fruchtkörper von Tricholoma vaccinum. Auch die Hyphenverbindung war in beiden Fällen nachzuweisen. Die Unterschiede betreffen sowohl in den Dimensionen als auch bei den Farbreaktionen vermutlich die Variabilität dieser Art, was vielfältige Anregungen gibt. So könnte man durch weitere Aufsammlungen besonders unter bodenbedingten Gesichtspunkten Unterschiede herausarbeiten. Der vorliegende Fall zeigt deutlich, daß die dokumentierten Beobachtungen an einzelnen identifizierten Mykorrhizen nur Ausgangspunkt für weiterführende Untersuchungen sein können. Die vorliegenden Beschreibungen aber geben durch die sofort deutlich werdenden Unterschiede erst den Anlaß für solche Untersuchungen.

Sonst liegen keine weiteren Beschreibungen der Mykorrhiza von Tricholoma vaccinum in der Literatur vor.

Abbildung 5.1

Tricholoma vaccinum

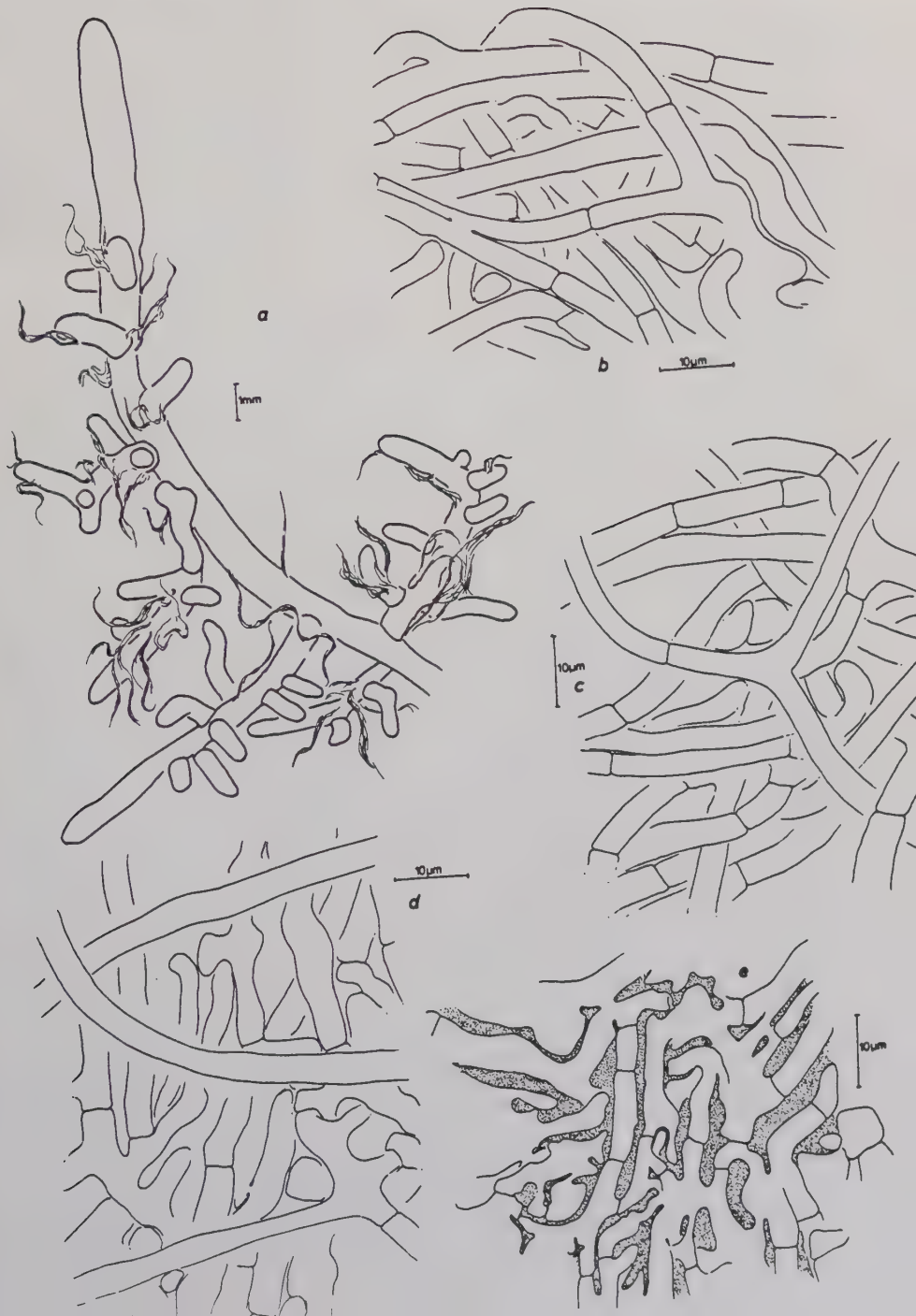
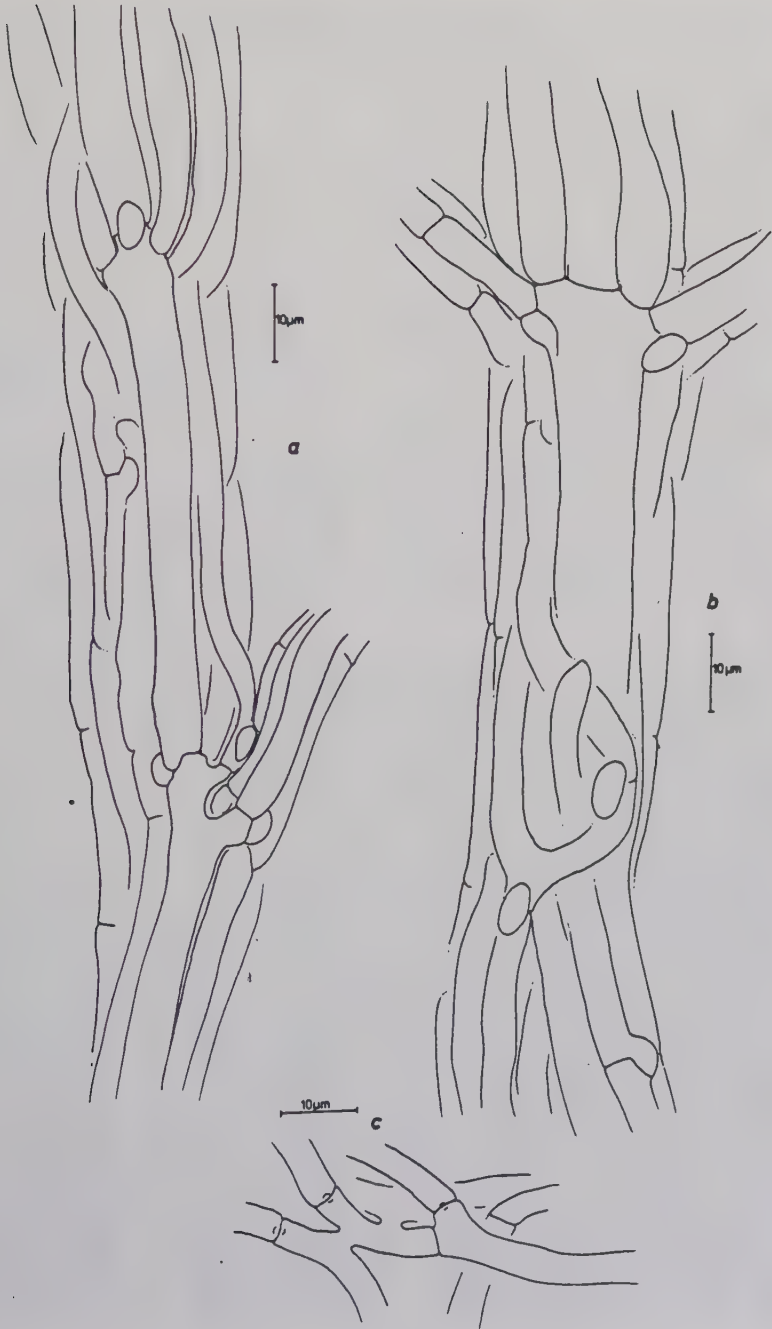
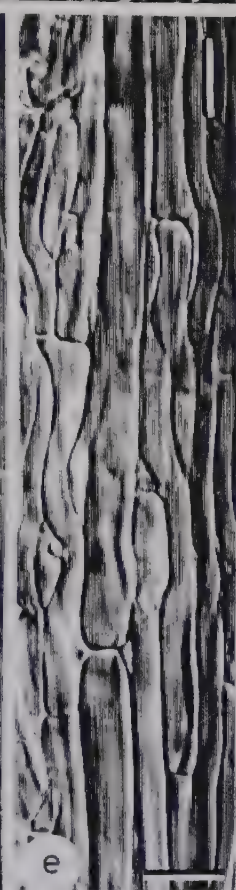
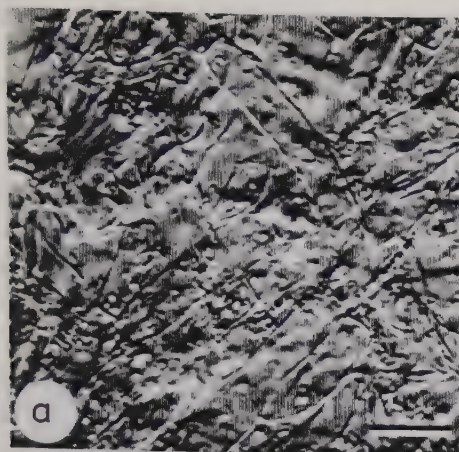


Abbildung 5.2

Tricholoma vaccinum





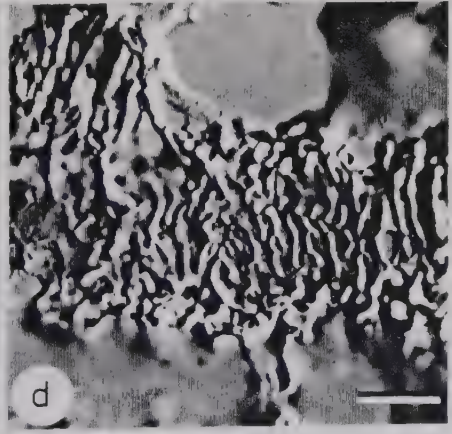
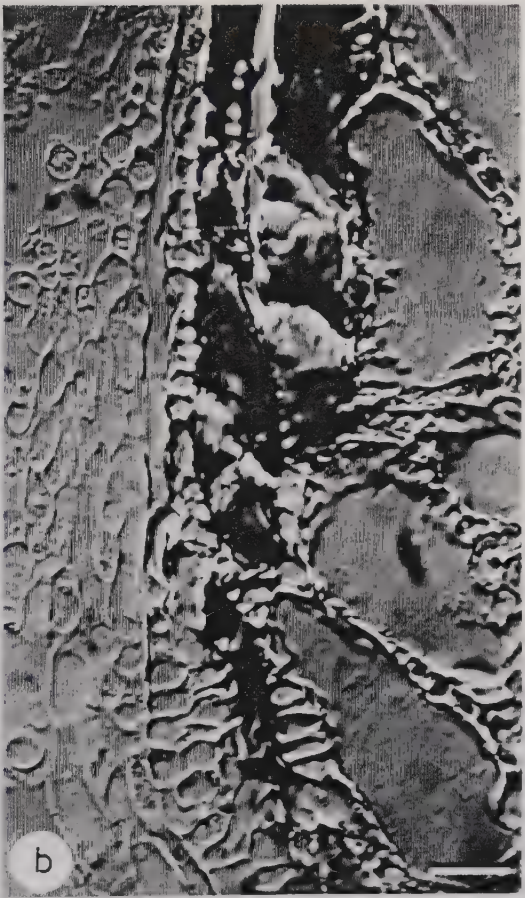
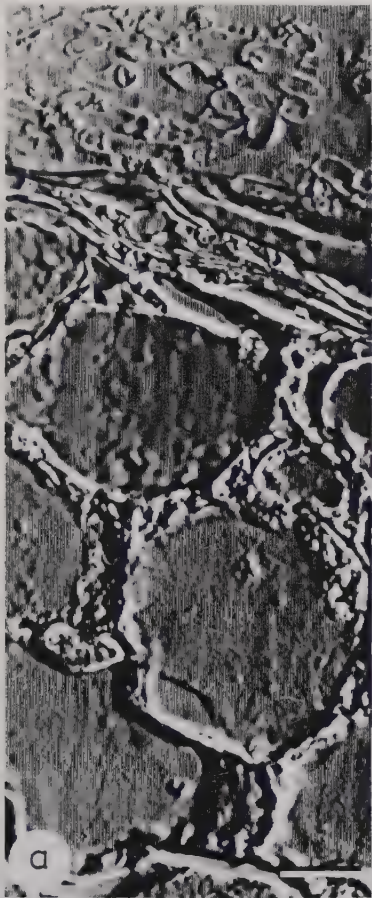


Abbildung 5.1

a) Habitus der Mykorrhiza von *Tricholoma vaccinum* an *Picea abies*; b) Mantelaufsicht; c) Mantel, in abziehende Hyphen übergehend; d) Mantel, mittlere Schicht; e) Mantel, Innenaufsicht. Alle Abbildungen von UM-X30;

Abbildung 5.2

a) Rhizomorphe mit Verzweigung und Zentralhyphe; b) Rhizomorphe mit Zentralhyphe, Schnallen und knotenartige Verzweigung; c) abziehende Hyphen mit typischen Hyphenverbindungen (Anastomosen). Alle Abbildungen von UM-X30.

Abbildung 5.3

a) Mantelaufsicht; b) Mantel, mittlere Schicht; c) Mantel, innere Schicht; d) Rhizomorphenaufsicht mit Anastomosen; e) Rhizomorphe, optischer Längsschnitt, mit Zentralhyphe. Alle Abb. von UM-X30; Maßstab 10µm.

Abbildung 5.4

a) Querschnitt durch die Mykorrhiza mit Mantel, Tanninzellen, Rindenzellen und Hartigschem Netz; b) Längsschnitt durch die Mykorrhiza mit Mantel, Tanninzellen, Rindenzellen und Hartigschem Netz; c) Querschnitt durch eine Rhizomorphe mit Zentralhyphe; d) Aufsicht auf Hartigsches Netz -Palmetti-typ. Alle Abb. von UM-X30; Maßstab 10µm.

TRICHOLOMA SEJUNCTUM (Sow.) Quél. (Fig 6.1-6.3)**AN PINUS STROBUS**

Referenzbeleg: Deutschland, Bayern, Landkreis Cham, Wald bei Roding, an Pinus strobus, leg. M.Uhl, 13.09.1986, Fruchtkörper UM-183 und Mykorrhizen UM-R10, in M.

Morphologie (Abb. 6.1.a)

Mykorrhizensystem bis zu 5mm lang und unregelmäßig gabelig verzweigt; unverzweigte Enden 1-2 mm lang und 0,4mm im Durchmesser; Form gerade; Oberfläche dicht strähnig; weiß; mit silbrigem Schein, der von eingeschlossener Luft herrührt; nach Herausstreichen der Luft bräunlich.

Anatomische Merkmale der Oberfläche

Mantelaufsicht (Abb. 6.1.b, 6.3.a) plectenchymatisch, locker verwoben, Hyphen 3-4(-5)µm im Durchmesser, allmählich in abziehende Hyphen übergehend; Zellwand unauffällig, Hypheninhalt und -wände leicht gelblich; Oberfläche an der Mykorrhizenspitze plectenchymatisch; Cystiden konnten nicht gefunden werden.

Mantelinnenansicht (Abb. 6.1.c, 6.3.b) sehr dicht plectenchymatisch; Hyphen stark gebuchtet; keine regelmäßigen Muster erkennbar; Zellwand unauffällig.

Abziehende Hyphen (Abb. 6.1.d+e, 6.2.b) 3-6µm im Durchmesser; Zellwand unauffällig; Hyphen leicht inkrustiert, Inkrustationen in Säure löslich; Hypheninhalt und -wände leicht gelb; Schnallen vorkommend aber nicht häufig; Anastomosen häufig.

Rhizomorphen (Abb. 6.2.a, 6.3.e) bis zu 100µm dick; parallel der Mykorrhizenoberfläche abziehend; wenige Hyphen aus der Rhizomorphe ausfasernd; Hyphen dicht verwoben; Zusammenhalt durch Anastomosen und Verzweigungen; Rhizomorphen nicht differenziert; Hyphen 3-6µm im Durchmesser; Zellwand unauffällig; Hypheninhalt und -wände leicht gelb; Septenabstand 20-40µm; Verzweigungen durch Aufspaltung; Schnallen häufig; doliporusähnliche Strukturen an den Septen sichtbar.

Anatomische Merkmale im Querschnitt (Abb. 6.3.d)

Mantel: Plectenchymatisch, 15-20µm dick; unterscheidbare Schichten nicht erkennbar; innere Mantelpartien etwas kompakter; Hyphen tangential 3-30µm (abziehende Hyphen), radial 3-5µm.

Tanninzellen tangential unregelmäßig zusammengedrückt, mit konkaven Wänden; eine Reihe vorhanden; tangential 30-50(70)µm, radial (4)8-15µm, TCt = 38,9µm; TCq: 4,6.

Rindenzellen: 3-4 Reihen; rund bis radial oval, tangential (10)15-50µm, radial 20-50µm, CCT = 34µm; CCq: 1;

Hartig'sches Netz: reicht 3-4 Rindenzellenreihen tief; Hartig'sches Netz um die Tanninzellen 1-5µm dick; eine Hyphenreihe; Zellen kurzoval bis langgestreckt; Hartig'sches Netz um die Rindenzellen 1-5µm dick, 1 Hyphenreihe; Zellen unregelmäßig länglich.

Anatomische Merkmale im Längsschnitt (Abb. 6.3.c)

Mantel 15-20µm dick; durchwegs plectenchymatisch; keine unterscheidbaren Schichten; Hyphen tangential 3-15µm, radial 3-4µm;

Tanninzellen unregelmäßig zusammengedrückt, mit konkaven Einbuchtungen; tangential 10-50(60)µm, radial (4)8-15µm, TCt = 32µm; TCq: 3,8.

Rindenzellen rund bis leicht tangential-oval; tangential (15)20-50µm, radial 20-50µm, CCT = 34,5µm; CCq: 1,2.

Hartig'sches Netz vom Palmettityp mit 2-5µm breiten Lopen.

Farbreaktionen in verschiedenen Reagenzien

Anilin: --; Brilliant-Kresyl-Blau: blau; nach Waschen mit Wasser: Ränder des Mantelstückes leicht violett; Baumwollblau: --; Ethanol 70%: --; Guaiac: --; Eisensulfat: oliv; KOH 15%: hell-ocker; Melzer's Reagenz: --; Phenol: Inkrustationen abziehender Hyphen gelb; Phenol-Anilin: --; Säure-Fuchsin: --; Sulvo-Vanillin: Tanninzellen sofort rot.

Autofluoreszenz

Ganze Mykorrhiza UV 254nm:--; UV 366nm:--. Mantel: UV-filter(340-380nm): Zellwände leicht bläulich; Blaufilter(450-490nm): Zellwände leicht bläulich; Grünfil-

ter:(530-560nm): --; Tanninzellen: UVfilter: --; Blaufilter: rötlich-orange; Grünfilter: --; Hartigisches Netz: UV-Filter: leicht bläulich; Blaufilter: leicht gelblich; Grünfilter: --.

Kernfärbung

2 Kerne pro Zelle, Kernabstand unregelmäßig; Kerne rund mit Durchmessern von (0.5) 1,5-2 µm; wenige siderophile Granula (Methode: Acetocarmin).

Verwendetes Material und Identifikation

Referenzbeleg; Direkte Verbindungen zwischen Fruchtkörper und Mykorrhiza konnten nachgewiesen werden.

Mykorrhizen von Tricholoma sejunctum in der Literatur

Norkrans (1949) synthetisierte die Mykorrhiza von Tricholoma sejunctum an Betula verrucosa. Diese war in ein weißes gut ausgebildetes Mycel eingebettet, mit einem gut ausgebildeten pseudoparenchymatischen Mantel und einem stark entwickelten Hartigischen Netz versehen.

Pachlewski & Pachlewska (1974) synthetisierten die Mykorrhiza von Tricholoma sejunctum an Pinus silvestris. Sie beobachteten eine leicht filzige, beige-gefärbte Mykorrhiza mit einem schlecht entwickelten prosenchymalen etwa 15µm dicken Mantel. Das Hartigische Netz war nur in der äußersten Rindenschicht entwickelt und nur als sehr feines Hyphennetz zu sehen.

Beide Beschreibungen nennen zu wenige Merkmale, um sie mit der hier vorliegenden vergleichen zu können.

Abbildung 6.1

Tricholoma sejunctum

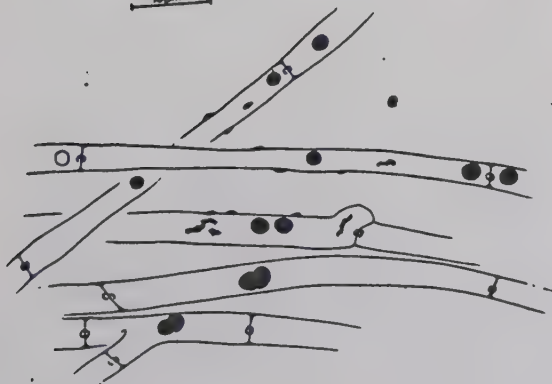
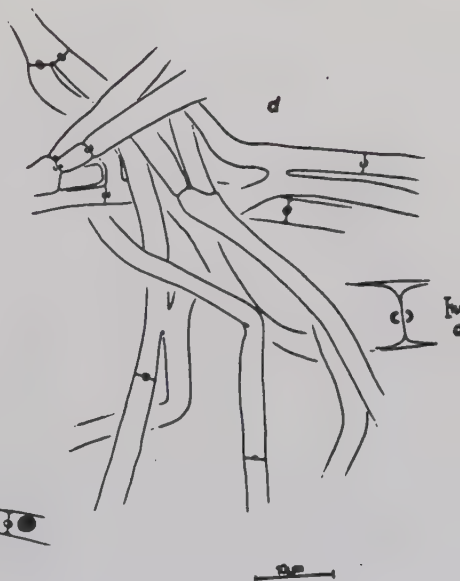
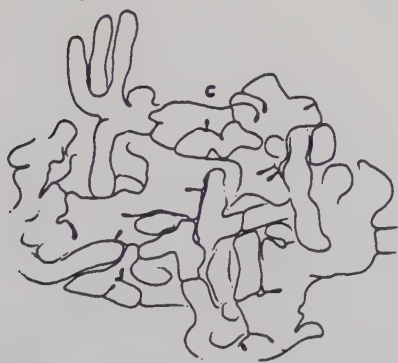


Abbildung 6.2

Tricholoma sejunctum

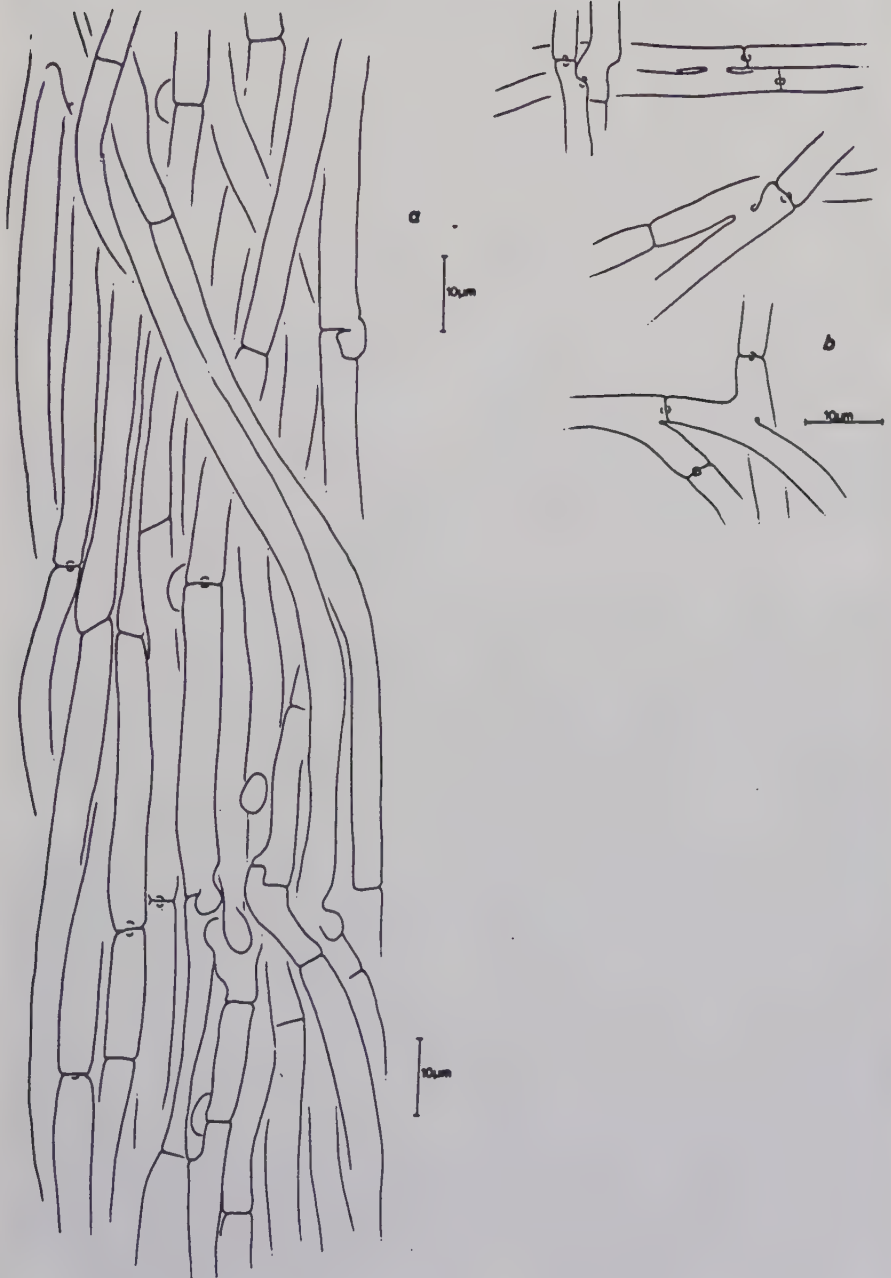


Abbildung 6.3

Tricholoma sejunctum

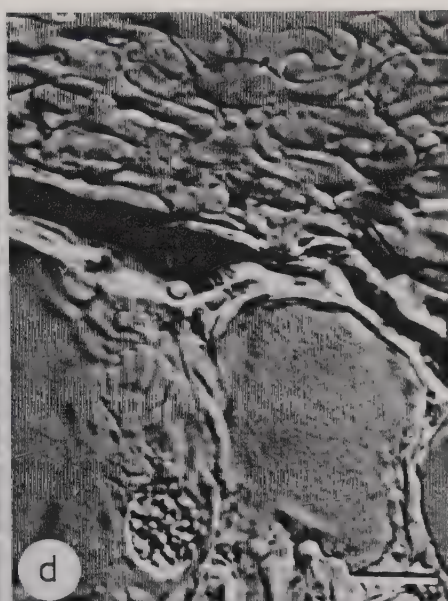
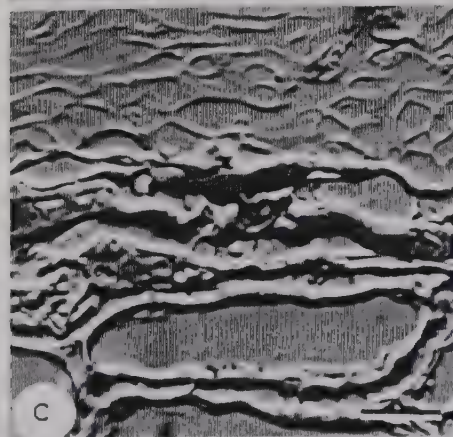
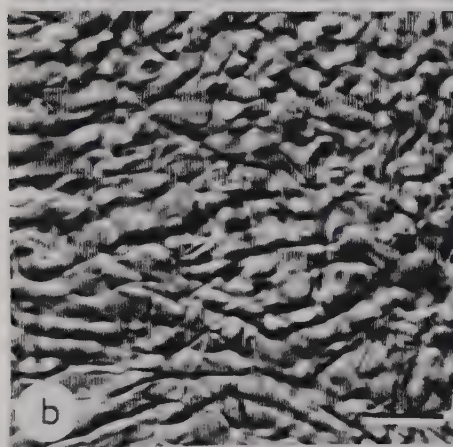
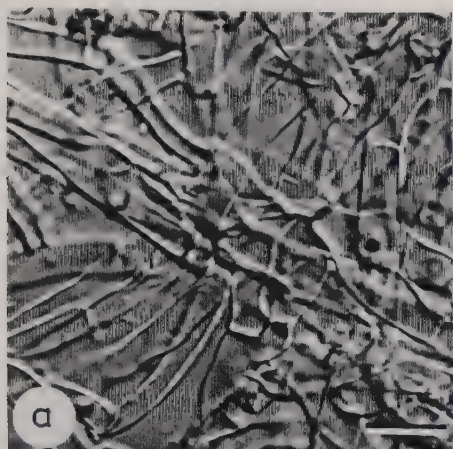


Abbildung 6.1

a) Habitus der Mykorrhiza von *Tricholoma sejunctum* an *Pinus strobus*. b) Mantelaufsicht; lockere Hyphen c) Mantel, innere Schicht; d) abziehende Hyphen mit Doliporusähnlichen Strukturen und Anastomose (Pfeil) d') Detail der Septenausprägung. e) abziehende Hyphen, Kernfärbung. Alle Abbildungen von UM-R10.

Abbildung 6.2

a) Rhizomorphe, undifferenziert, mit Schnallen; b) typische Hyphenverbindungen der abziehenden Hyphen. Alle Abbildungen von UM-R10.

Abbildung 6.3

a) Mantelaufsicht; b) Mantel, innere Schicht; c) Längsschnitt durch die Mykorrhiza mit Mantel, Tanninzellen, Rindenzellen mit verdickten Zellwänden und Hartigschem Netz; d) Querschnitt durch die Mykorrhiza mit Mantel, Tanninzellen, Rindenzellen und Hartigschem Netz; e) Rhizomorphe, optischer Längsschnitt mit Spitzenanastomose (siehe Pfeil). Alle Abbildungen von UM-R10; Maßstab 10µm.

Diskussion der Beschreibungen von Tricholoma-Ektomykorrhizen

Die Ektomykorrhizen der Pilzgattung Tricholoma, soweit bis heute studiert, weisen viele Gemeinsamkeiten auf (Godbout&Fortin 1985b). Hier soll versucht werden, Gemeinsamkeiten aber auch Unterschiede von sieben verschiedenen Ektomykorrhizen der Gattung Tricholoma aus den bisher erschienenen und den hier gegebenen Daten aufzuzeigen. Es handelt sich dabei im einzelnen um folgende Arten:

<u>Tricholoma auratum</u>	an <u>Pinus silvestris</u>
<u>Tricholoma sejunctum</u>	an <u>Pinus strobus</u>
<u>Tricholoma vaccinum</u>	an <u>Picea abies</u>
<u>Tricholoma saponaceum</u>	an <u>Picea abies</u>
<u>Tricholoma aurantium</u>	an <u>Picea abies</u>
<u>Tricholoma sulphureum</u>	an <u>Picea abies</u>
<u>Tricholoma flavobrunneum</u>	an <u>Betula pendula</u>

Dabei stammen die Angaben zu T. sulfureum aus Agerer (1987). Alle o.a. Ektomykorrhizen sind weiß bis gelblich weiß und in älteren Teilen leicht bräunlich. Durch die Totalreflexion eingeschlossener Luft in das lockere Plectenchym des Mantels erscheinen sie oft silbrig glänzend. Nach Herausstreichen der Luft ist die Farbe leicht bräunlich. Die Oberflächentextur ist dicht strähnig-netzig. Weiße, stets gut entwickelte Rhizomorphen, die vom Mantel in flachem Winkel abziehen, sind stets zahlreich anzutreffen. Hier erschöpfen sich jedoch die Gemeinsamkeiten, die sich weitgehend mit denen decken, die andere Autoren erwähnen (Godbout&Fortin 1985b).

Gerade bei den Mykorrhizen der Gattung Tricholoma zeigt sich, wie wichtig eine weitere Charakterisierung bis hin zum Artniveau ist. Dem ungeübten Auge erscheinen nämlich alle genannten Mykorrhizen gleich. Ja sogar der Fachmann wird diese Mykorrhizen unter Verwendung der bisher verfügbaren Schlüssel oder Gliederungsschemata (Dominik 1969; Voiry 1981) als gleich einordnen. Daß diese Mykorrhizen aber keineswegs gleich sind, da sie durch eine

unterschiedliche Differenzierung der Rhizomorphen sogar unterschiedliche Effizienz in ihrer Transportleistung nahelegen, zeigt der folgende eingehende Vergleich.

Um mit den wichtigsten unterscheidenden Merkmalen zu beginnen: Die Rhizomorphen von T. sejunctum und T. sulfureum sind nicht differenziert; d.h. die Hyphen, aus denen die Rhizomorphen zusammengesetzt sind, sind alle von jeweils gleichem Durchmesser. An Organisation ist lediglich zu erkennen, daß sie miteinander verwoben sind. Die Rhizomorphen von T. auratum sind in sofern differenziert als dünne und dicke Hyphen miteinander verwoben sind, wobei aber die dickeren Hyphen nicht zentral angeordnet sind. Die Rhizomorphen der übrigen o.a. Mykorrhizen sind ebenfalls differenziert, wobei eine oder mehrere Zentralhyphen größeren Durchmessers von vielen dünneren, einhüllenden Hyphen umgeben sind.

Ein weiteres, unter Umständen ebenfalls funktionell wichtiges Merkmal ist die Zellwanddicke bei den Hyphen der Rhizomorphen: T. sulfureum hat relativ dicke Zellwände, während die Hyphen der anderen Tricholoma-Ektomykorrhizen unauffällige Zellwände zeigen (auf jeden Fall $< 0.3\mu\text{m}$).

Für den Stofftransport könnten Merkmale wichtig sein, die Hyphenverbindungen betreffen. Auch hier sind die Ektomykorrhizen der Tricholomen unterschiedlich ausgeprägt. Mit Ausnahme von T. auratum zeigen alle anderen bei abziehenden Hyphen und Rhizomorphenhyphen zumindest einfache Anastomosen. Manche Mykorrhizen weisen zu den einfachen Anastomosen noch Kontaktsepten auf (T. vaccinum, T. saponaceum und T. sulfureum).

Ebenfalls in diesen Bereich gehört das Vorkommen von Schnallen. Mit Ausnahme von T. aurantium und T. auratum findet man bei allen anderen Mykorrhizen Schnallen, wenn sie auch bei manchen sehr selten sind (T. sulphureum). Mit Hilfe dieser mikroskopisch relativ einfach zu erhebenden Merkmale kann man die Mykorrhizen der hier genannten Tricholoma-Arten recht gut differenzieren. Auch der jeweilige Wirt hat an der Ausprägung der My-

korrhiza seinen Anteil. So ist der, wenn auch unregelmäßig, gabelige Wuchs bei T. sejunctum und T. auratum der Gattung Pinus zuzuschreiben, während der monopodiale- pyramidale oder -pinnate Wuchs, der zumindest immer annähernd zu erkennen ist, für Picea-Mykorrhizen typisch ist.

Auch die Dimensionen der Wurzelzellen, ausgedrückt im CCq weisen im Längsschnitt mit Werten um 1 auf Pinus hin (Uhl & Agerer 1987). Sind die Werte des CCq im Längsschnitt deutlich größer als 1, weist dies auf eine Picea-Mykorrhiza hin. Diese Beobachtung wird nicht nur durch Mykorrhizen der Gattung Tricholoma gestützt. Ganz allgemein scheint der CCq-Wert im Längsschnitt geeignet zu sein, die beteiligte Baumart zu bestimmen, was in Mischbeständen durchaus wertvoll sein kann. Der entsprechende Wert liegt für die Laubhölzer deutlich bis leicht unter 1, was auf die charakteristische palisadenartige Verformung der äußersten Rindenschicht zurückzuführen ist.

Zusammenfassend kann man schließen, daß die Ektomykorrhizen der Gattung Tricholoma trotz ihrer großen äußeren morphologischen Ähnlichkeit in ihrer Anatomie Unterschiede zeigen, die über den Wert der bloßen Unterscheidung hinausgehen, da diese anatomischen Unterschiede möglicherweise auch eine funktionelle Bedeutung bezüglich der Effizienz der Mykorrhizen haben.

Schlüssel der hier beschriebenen Ektomykorrhizen der Gattung Tricholoma

- 1 Rhizomorphen aus lauter gleichartigen Hyphen bestehend;
an Pinus strobus.

Tricholoma sejunctum

(= UM-R10;s.S.63)

- *1 Rhizomorphen differenziert

- 2 ohne Zentralhyph(e)n; dickere Hyphen über den
Querschnitt der Rhizomorphe verteilt.

Tricholoma auratum

(= UM-D80;s.S.25)

- *2 mit Zentralhyphen

- 3 Zentralhyphendurchmesser >10µm

- 4 Hyphen 2-3µm im Durchmesser, an Picea abies;

Tricholoma saponaceum

(= UM-D210;s.S.48)

- *4 Hyphen 4-5.5µm im Durchmesser, an Picea abies;

Tricholoma vaccinum

(= UM-X30;s.S.55)

- *3 Zentralhyphendurchmesser <7µm

- 5 Hyphen 3-4µm im Durchmesser, an Picea abies;

Tricholoma aurantium

(= UM-X10;s.S.41)

- *5 Hyphen 4-6µm im Durchmesser, an Betula pendula;

Tricholoma flavobrunneum

(= UM-X20;s.S.33)

2. Ektomykorrhizen aus der Gattung Dermocybe

DERMOCYBE CROCEA (Schff.) Mos var. porphyreovelata Mos.
(Abb. 7.1-7.4)

AN PINUS SILVESTRIS

Referenzbeleg: Deutschland, Bayern, Kelheim, Siegenburg, Kiefernwald, 23.9.1986. Fruchtkörper und Mykorrhiza RA 10933, in M.

Morphologie (Abb. 7.1.a)

Mykorrhizensystem irregulär verzweigt, manchmal auch angedeutet dichotom und 2-5mm lang. Seitenenden meist gebogen. Enden dichotomer Verzweigungen 1mm, irregulärer Verzweigungen bis 3mm lang und in jedem Fall zwischen 0,35 und 0,4mm dick; Enden dichotomer Verzweigungen gerade, die irregulärer Verzweigungen meist gebogen und gewunden; Oberfläche dicht strähnig; unverzweigte Seitenenden dunkel gelb mit silbrigem Schein, der von eingeschlossener Luft herrührt; Spitzen der Seitenenden etwas heller gelb, ältere Partien schmutzig gelb bis bräunlich gefärbt, nach Herausstreichen eingeschlossener Luft bis braun verfärbend.

Anatomische Merkmale der Oberfläche

Mantelaufsicht (Abb. 7.2.a+b, 7.3.a) plectenchymatisch, locker verwoben, Hyphen 3-5µm im Durchmesser; Zellwand bis zu 0,3µm dick; Hyphen membranär und plasmatisch leicht gelb; Cystiden konnten nicht gefunden werden. Tiefere Schicht dichter plectenchymatisch (Abb. 7.3.b).

Mantelinnenansicht (Abb. 7.3.c) sehr dicht plectenchymatisch bis epidermoid.

Abziehende Hyphen (Abb. 7.1.b, 7.2.c) Septenabstand bis zu 105µm, Hyphen glatt, ohne Inkrustationen, 2,5-4µm im Durchmesser; Verzweigung der Hyphen rechtwinklig oder gabelförmig. Kontakt-Schnallen in abziehenden Hyphen (Abb. 7.1.b, 7.2.c) nicht so häufig wie in den Rhizomorphphen; Septen immer mit Schnallen.

Rhizomorphphen: (Abb. 7.2.d+e, 7.1.a, 7.4.a+c) oft von der Mykorrhizenspitze abziehend nur wenige Hyphen ausfran-

send; zwei Rhizomorphentypen vorhanden: (a) Rhizomorphen, die von der Mykorrhiza in den Boden ziehen und sich dabei immer mehr auffasern; (b) Rhizomorphen, die die Fruchtkörperbasis mit der Mykorrhiza verbinden und wollig eingehüllt sind (Durchmesser ohne Hülle 200µm, mit Hülle bis 400µm) (Abb. 7.1.a); Für beide Rhizomorphentypen gilt: Hyphen parallel zur Längsachse der Rhizomorphe laufend und untereinander durch zahlreiche Kontakt-Schnallen verbunden; Septenabstand zwischen 25 und 70µm, Durchmesser der Hyphen 2,5-3µm, Zellwände bis 0,3µm; Hyphen glatt, membranär und plasmatisch leicht gelb bis bräunlich; Hüllhyphen 2µm im Durchmesser, ohner Schnallen, glatt.

Anatomische Merkmale, Querschnitt (Abb. 7.4.b)

Mantel plectenchymatisch, 5-15µm dick, keine unterscheidbaren Schichten erkennbar, Hyphen besonders in äußeren Partien locker verwoben, in den inneren Partien des Mantel mehr oder minder verklebt; Hyphen radial 2-4(5)µm, tangential (3)5-8(15)µm.

Tanninzellen mit konkaven Einbuchtungen, irregulär zusammengedrückt, in einer Reihe; tangential (20)35-45(60)µm, radial (5)8-10(13)µm; TCt = 39,8µm; TCq 4,7.

Rindenzellen rundlich bis tangential oval; 4 Reihen; tangential (25)30-45(60)µm, radial 15-28(35)µm; CCT = 39,8µm; CCq: 1,8;

Hartigches Netz (Abb. 7.3.d): Reihenzahl um die Tanninzellen und um die Rindenzellen: 1; Hyphen des Hartigschen Netzes rund bis quaderförmig, bis zu 3,5µm im Durchmesser; das Hartigsche Netz erreicht oft die Endodermis.

Anatomische Merkmale, Längsschnitt (Abb. 7.3.e, 7.4.d)

Mantelhyphen radial 2,5-3µm, tangential (2,5)3-5µm.; Schichtung nicht erkennbar.

Tanninzellen unregelmäßig zusammengedrückt, tangential (20)50-90(110)µm, radial (5)8-10(13)µm; TCt: 60µm; TCq = 7,1;

Rindenzellen mehr oder minder rund, wenige tangential oval; tangential (15)30-55(60)µm, radial 15-28(35)µm; CCT = 40µm; CCq: 1,9;

Hartig'sches Netz vom Palmetti-Typ (Abb. 7.1.c), Loben 3-4µm breit.

Farbreaktionen in verschiedenen Reaktionen

Anilin: --; Brilliant-Kresyl-Blau: blau, nach waschen mit Wasser: Ränder des Mantelstücks leicht violett; Baumwoll-blau : --; Eisensulfat: schmutzig gelb; KOH: --; Melzer's Reagenz: --; Phenol: --; Phenol-Anilin: --; Säurefuchsin: --; Sulfo-Vanillin: graubraun.

Autofluoreszenz

Ganze Mykorrhiza: UV 254 nm: --; UV 366 nm: --; Mantel und Rhizomorphen: UV-filter (340-380nm : --; Blau-filter (450-490nm): --; Grün-filter (530-560nm): --.

Verwendetes Material und Identifikation

Referenzbeleg; Weiterer untersuchter Beleg: Deutschland, Bayern, Kelheim, Siegenburg, Kiefernwald, 23.9.1986. Fruchtkörper UM-201 in M; Mykorrhiza UM-D90, in M. Direkte Verbindungen zwischen Fruchtkörper und Mykorrhiza konnten nachgewiesen werden.

Kernfärbung (Abb. 7.1.b)

Zwei Kerne pro Zelle; liegen nicht benachbart; rund; 1,5-2,5µm im Durchmesser; einige Hyphen mit siderophiler Granulation. Parenthosom-ähnliche Strukturen meist mit gleicher Farbreaktion wie Kerne (Methode Acetocarmin).

Mykorrhizen von Dermocybe crocea in der Literatur

In der Literatur liegt keine Beschreibung der Ektomykorrhiza von Dermocybe crocea var. porphyreovelata vor.

Abbildung 7.1

Dermocybe crocea

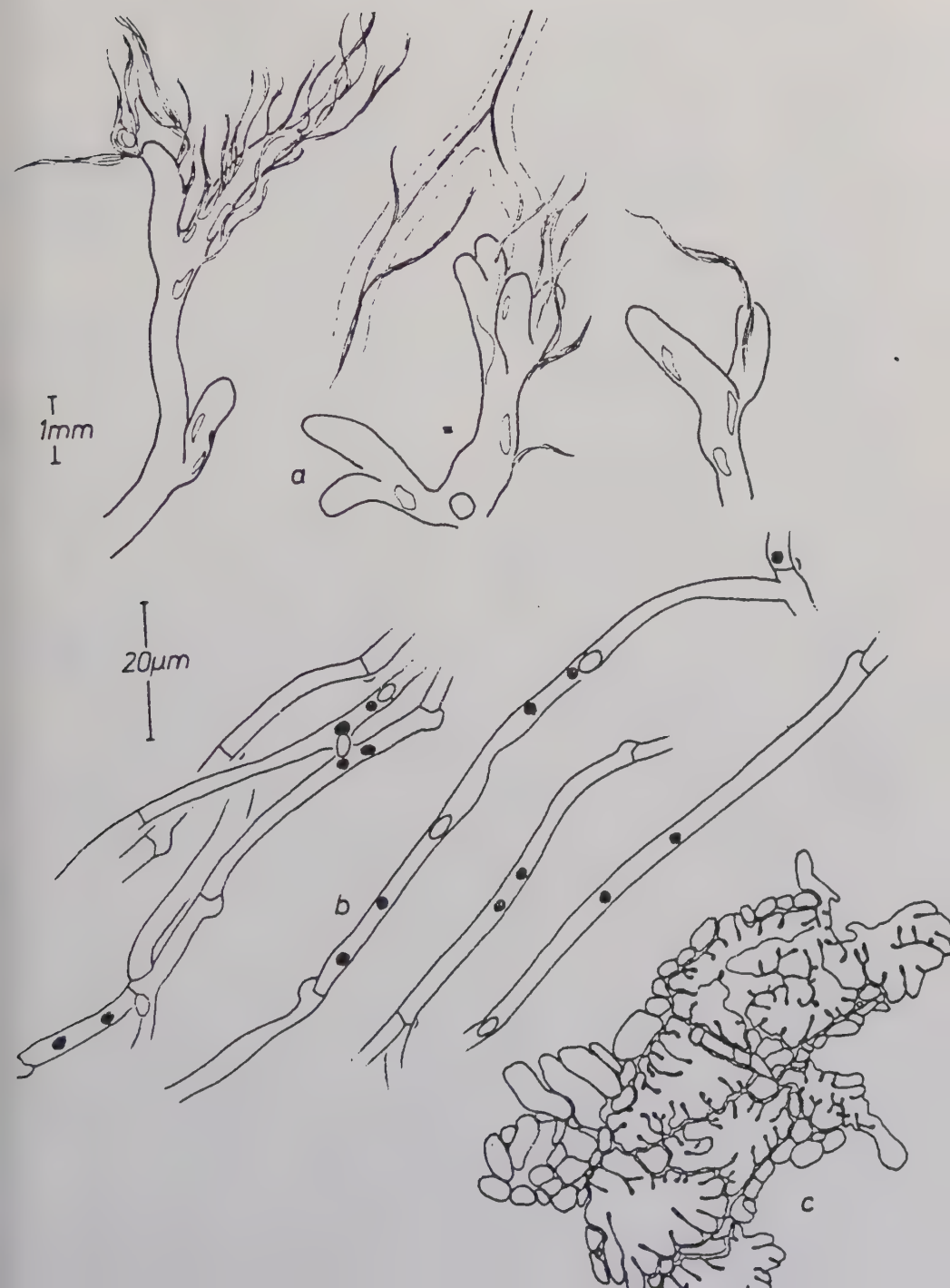


Abbildung 7.2

Dermocybe crocea

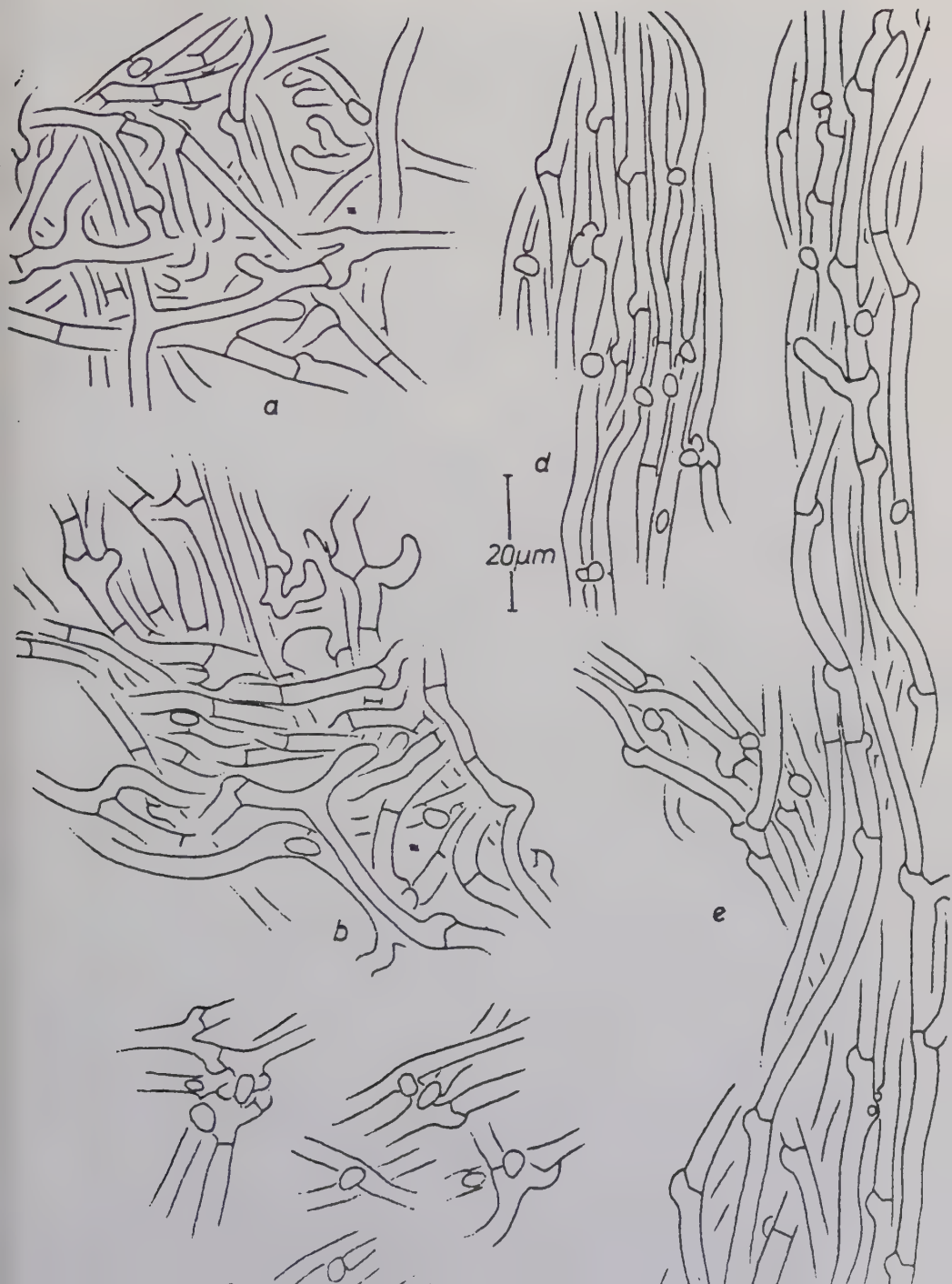


Abbildung 7.3

Dermocybe crocea

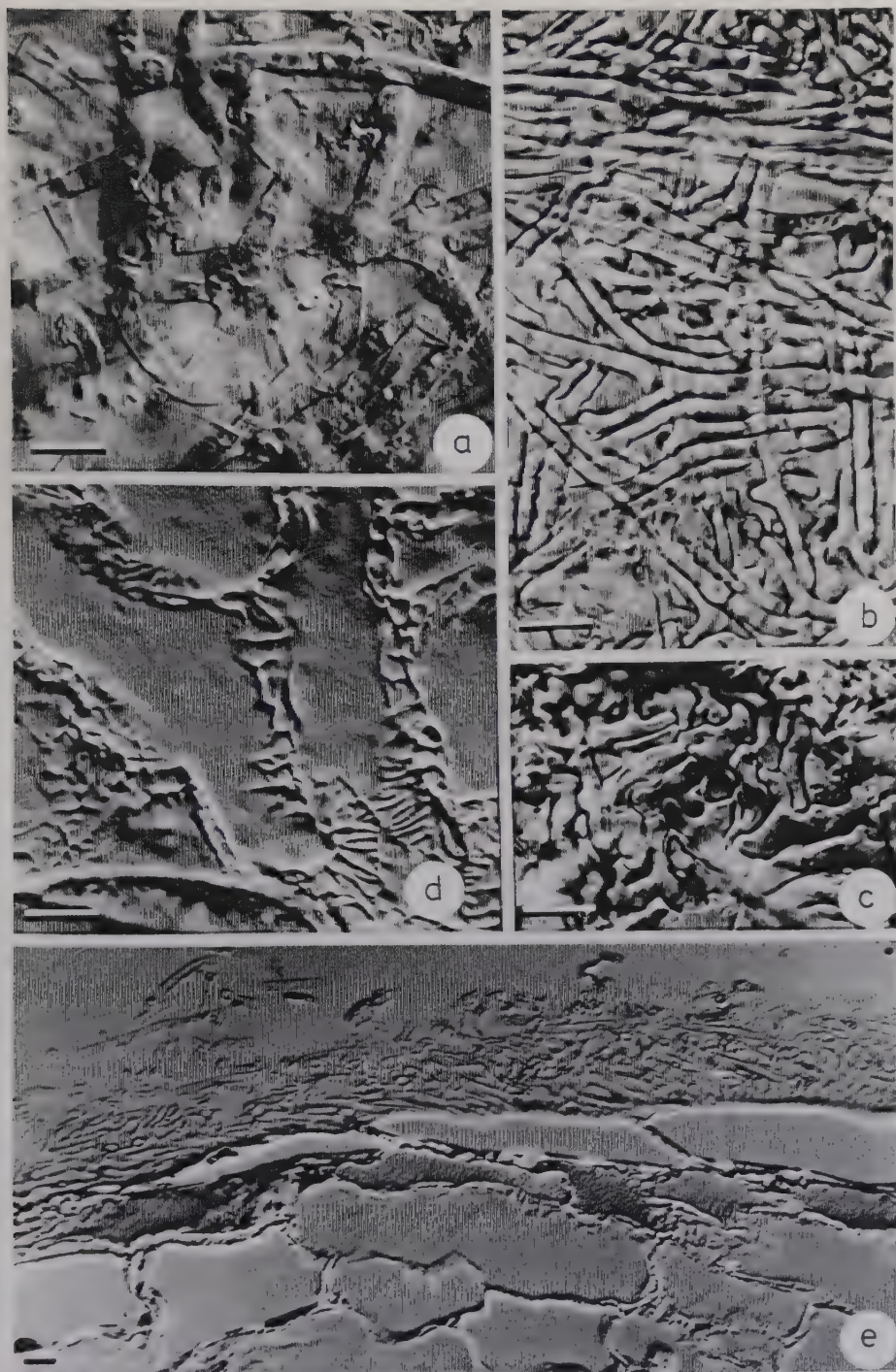


Abbildung 7.4

Dermocybe crocea

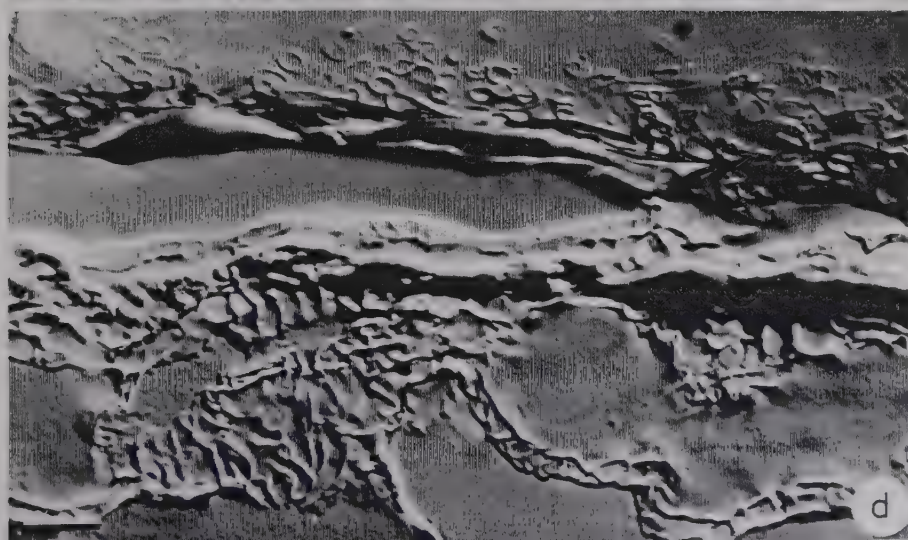
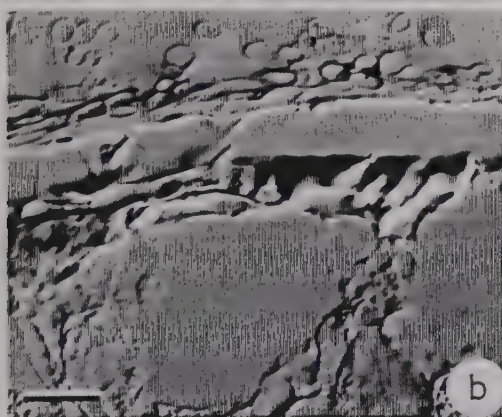
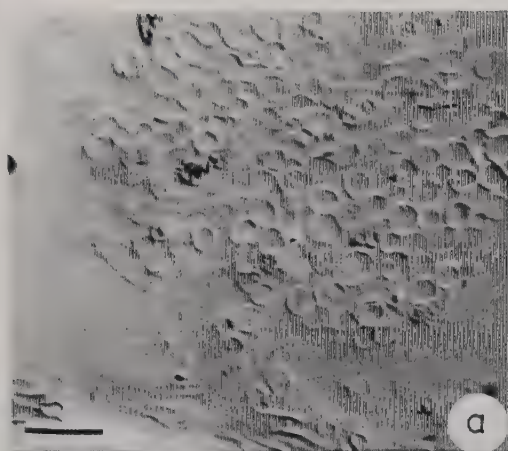


Abbildung 7.1

a) Habitus der Mykorrhiza von *Dermocybe crocea* an *Pinus silvestris* mit Rhizomorphendimorphismus; b) Kernfärbung an abziehenden Hyphen; c) Aufsicht auf Hartigsches Netz -Palmetti-Typ. Alle Abbildungen von UM-D90.

Abbildung 7.2

a) und b) Mantelaufsicht; (b) von RA-10933); c) abziehende Hyphen mit typischen Hyphenverbindungen (Kontaktschnallen); d) Aufsicht auf eine Rhizomorphe; e) optischer Längsschnitt durch eine Rhizomorphe mit Verzweigung; Kontaktschnallen. Abbildungen a), c) und d) von UM-D90.

Abbildung 7.3

a) Mantelaufsicht; b) Mantel, mittlere Schicht; c) Mantel, Innenansicht; d) Hartigsches Netz im Schnitt und in Aufsicht, Palmetti-Typ; e) Längsschnitt durch die Mykorrhiza mit Mantel, Wurzelhaubenreste, Tanninzellen, Rindenzellen und Hartigsches Netz; Alle Abbildungen von RA-10933; Maßstab 10µm.

Abbildung 7.4

a) Querschnitt durch eine Rhizomorphe; b) Querschnitt durch die Mykorrhiza mit Mantel, Wurzelhaubenreste, Tanninzellen, Rindenzellen und Hartigsches Netz; c) Rhizomorphe, optischer Längsschnitt mit Kontaktschnallen; d) Längsschnitt durch die Mykorrhiza mit Mantel, Wurzelhaubenreste, Tanninzellen, Rindenzellen und Hartigsches Netz im Schnitt und in Aufsicht; Palmettityp. Abbildungen a), b), d) von RA-10933, c) von UM-D90; Maßstab 10µm.

DERMOCYBE HOLOXANTHA Gruber & Moser (Figs. 8.1-8.4)
AN PINUS SILVESTRIS

Referenzbeleg: Deutschland, Bayern, Kehlheim, Siegenburg, Kiefernwald, 23.9.1986. Fruchtkörper UM 251 und Mykorrhiza UM D270, in M.

Morphologie (Abb. 8.1.a)

Mykorrhizensystem unregelmäßig verzweigt, manchmal auch angedeutet gabelig. Seitenenden meist gebogen. Länge des Mykorrhizensystems zwischen 2 und 6 mm; Enden dichotomer Verzweigungen 1mm, unregelmäßiger Verzweigungen bis 3mm lang; Durchmesser 0.35-0,4mm; Enden gabeliger Verzweigungen gerade, andere meist gebogen und gewunden; Oberfläche locker bis dicht stränig; unverzweigte Seitenenden gelb mit silbrigem Schein, von eingeschlossener Luft herrührend; Spitzen der Seitenenden heller gelb, ältere Partien schmutzig gelb bis bräunlich gefärbt, nach Herausstreichen eingeschlossener Luft bis braun verfärbend; mit vielen abziehenden Rhizomorphen gleicher Farbe.

Anatomische Merkmale der Oberfläche

Mantelaufsicht (Abb. 8.1.d, 8.3.a) plectenchymatisch, locker verwoben, Hyphen 3-5µm im Durchmesser; Zellwand unauffällig; Hyphen membranär und plasmatisch leicht gelb; Cystiden fehlend;

Mantelinnenansicht (Abb. 8.1.d', 8.3.b) zellig, Hyphenform noch erkennbar.

Abziehende Hyphen (Abb. 8.2.a+d, 8.4.d) glatt, ohne Inkrustationen, 3-5µm im Durchmesser; Verzweigung der Hyphen rechtwinklig oder gabelförmig. Kontakt-Schnallen in abziehenden Hyphen (Abb. 8.2.a) nicht so häufig wie in den Rhizomorphen; Septen immer mit Schnallen, oft Verzweigungen aus Schnallen.

Rhizomorphen: (Abb. 8.2.b+c, 8.4.a-c) oft von der Mykorrhizenspitze abziehend nur wenige Hyphen ausfransend; zwei Rhizomorphentypen vorhanden: (a) Rhizomorphen, die von der Mykorrhiza in den Boden ziehen und sich dabei immer mehr auffasern; (b) Rhizomorphen, die die Frucht-

körperbasis mit der Mykorrhiza verbinden und wollig eingehüllt sind (Durchmesser ohne Hülle 70µm, mit Hülle bis 150µm); für beide Rhizomorphentypen gilt: Hyphen parallel zur Längsachse der Rhizomorphe laufend und untereinander durch zahlreiche Kontakt-Schnallen verbunden; Durchmesser der Hyphen 3-5µm, Zellwände unauffällig; Hyphen glatt, membranär und plasmatisch leicht gelb bis bräunlich. einhüllende Hyphen: 2µm im Durchmesser (Abb. 8.1.b), ohne Schnallen, Zellwände unauffällig.

Anatomische Merkmale, Querschnitt (Abb. 8.3.d)

Mantel plectenchymatisch, bis 15µm dick, angedeutet zweischichtig; Hyphen im äusseren Mantelteil locker verwoben; radial 2-4µm, tangential 4-20µm (abziehende Hyphen). Hyphen im inneren Mantelteil dicht verwoben, radial 2-4µm, tangential 3-4µm;

Tanninzellen tangential verlängert, unregelmäßig zusammengedrückt, in einer Reihe; tangential (15)20-50(60)µm, radial (5)8-10(15)µm; TCt = 35,8µm; TCq 4,1.

Rindenzellen rundlich bis tangential oval; 2-4 Reihen; tangential (15)25-40(50)µm, radial 25-40µm; CCT = 34,5µm; CCq: 1,3;

Hartigisches Netz: Reihenzahl um die Tanninzellen und um die Rindenzellen: 1; Hyphen des Hartigschen Netzes um Tanninzellen rund, 3-4 µm im Durchmesser, um Rindenzellen quaderförmig, 2-3µm breit, bis 6µm lang;

Anatomische Merkmale, Längsschnitt (Abb. 8.3.c)

Mantelhyphen radial 2-5µm, tangential 3-5µm.; Tanninzellen unregelmäßig zusammengedrückt, tangential (15)20-50(60)µm, radial (5)8-10(15)µm; TCt: 36,6µm; TCq = 4,2; Rindenzellen rund; tangential (15)20-40µm, radial 15-28(35)µm; CCT = 26,8µm; CCq: 0,99; Hartigsches Netz vom Palmetti-Typ, Loben 3-5µm breit (Abb. 8.1.c).

Farbreaktionen in verschiedenen Reaktionen

Anilin: --; Brilliant-Kresyl-Blau: blau, nach waschen mit Wasser teilweise violett; Baumwollblau: --; Formalin 40%: --; Guaiak: -; Eisensulfat: schmutzig gelb; KOH: --; Melzer's Reagenz: --; Phenol: --; Phenol-Anilin: --;

Säurefuchsin: --; Sulfo-Vanillin: leicht rötlich.

Autofluoreszenz

Ganze Mykorrhiza: UV 254 nm: --; UV 366 nm: --; Mantel und Rhizomorphen: (in Milchsäure 90%) UV-filter (340-380nm : --; Blau-filter (450-490nm): --; Grün-filter (530-560nm): --.

Kernfärbung

Meist zwei Kerne pro Zelle; Kernabstand variabel; rund; 1,5-2,5µm im Durchmesser; einige Hyphen mit siderophiler Granulation. Parenthosomähnliche Strukturen meist mit gleicher Farbreaktion wie Kerne (Methode Acetocarmin).

Verwendetes Material und Identifikation

Referenzbeleg; Die direkte Verbindung zwischen Fruchtkörper und Mykorrhizen via Rhizomorphen konnte nachgewiesen werden.

Mykorrhizen von Dermocybe holoxantha in der Literatur

Von Dermocybe holoxantha liegen keine Mykorrhizabeschreibungen in der Literatur vor.

Die Beschreibung der Ektomykorrhiza von Dermocybe palustris an Pinus mugo in Uhl&Agerer (1987) zeigt große Ähnlichkeit in Habitus und Mantelanatomie. Die Zellwanddicke ist bei Dermocybe palustris allerdings mit 0.5µm in den abziehenden Hyphen und den Rhizomorphenhyphen deutlich dicker als bei D. holoxantha. Im Gegensatz zu D. holoxantha wurden bei D. palustris deutliche Farbreaktionen mit Anilin, KOH und Melzer's Reagenz beobachtet. Auch zeigt D. palustris im Gegensatz zu D. holoxantha in Mantel und Rhizomorphen deutliche Autofluoreszenz.

Abbildung 8.1

Dermocybe holoxantha

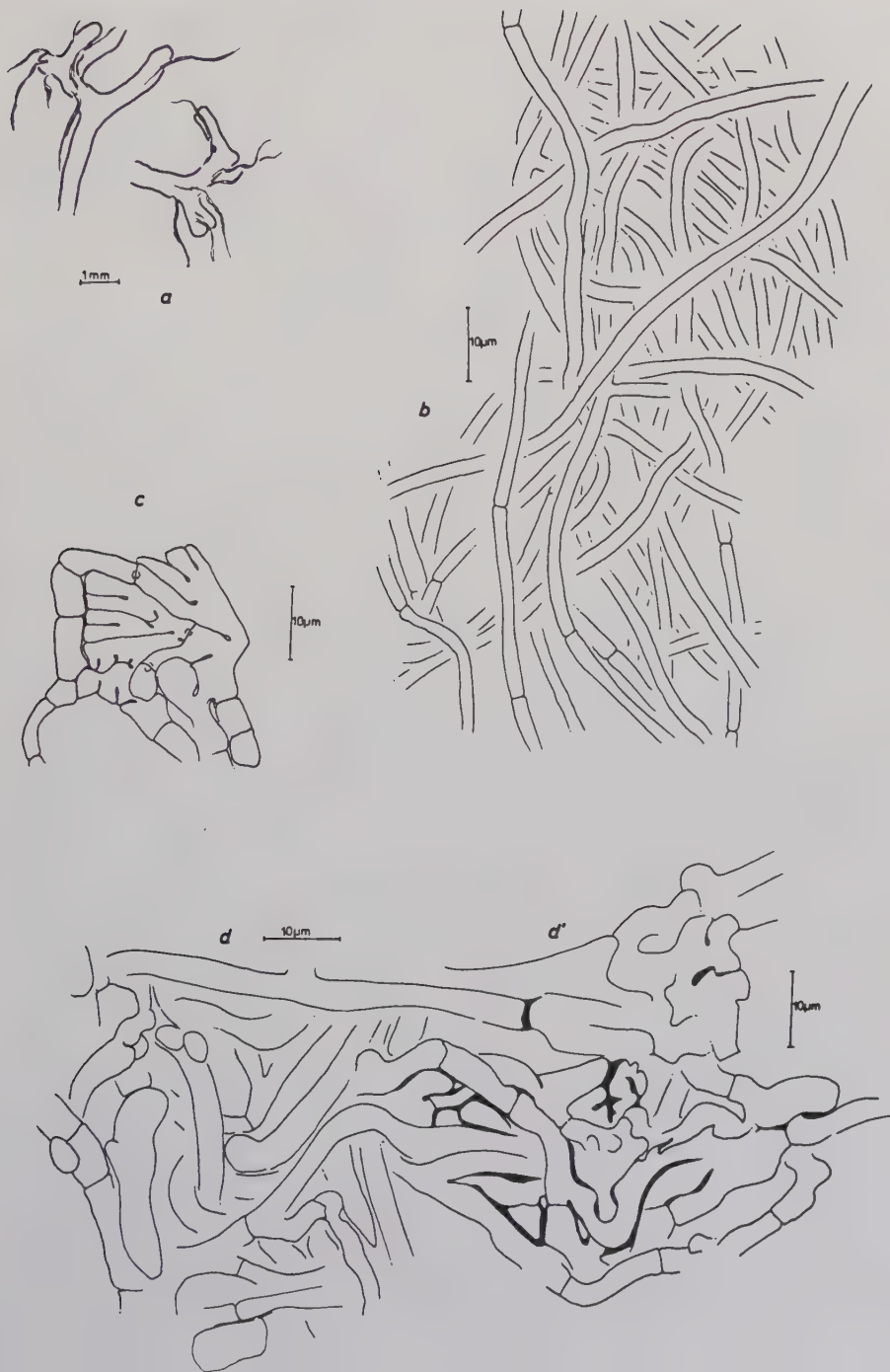


Abbildung 8.2

Dermocybe holoxantha

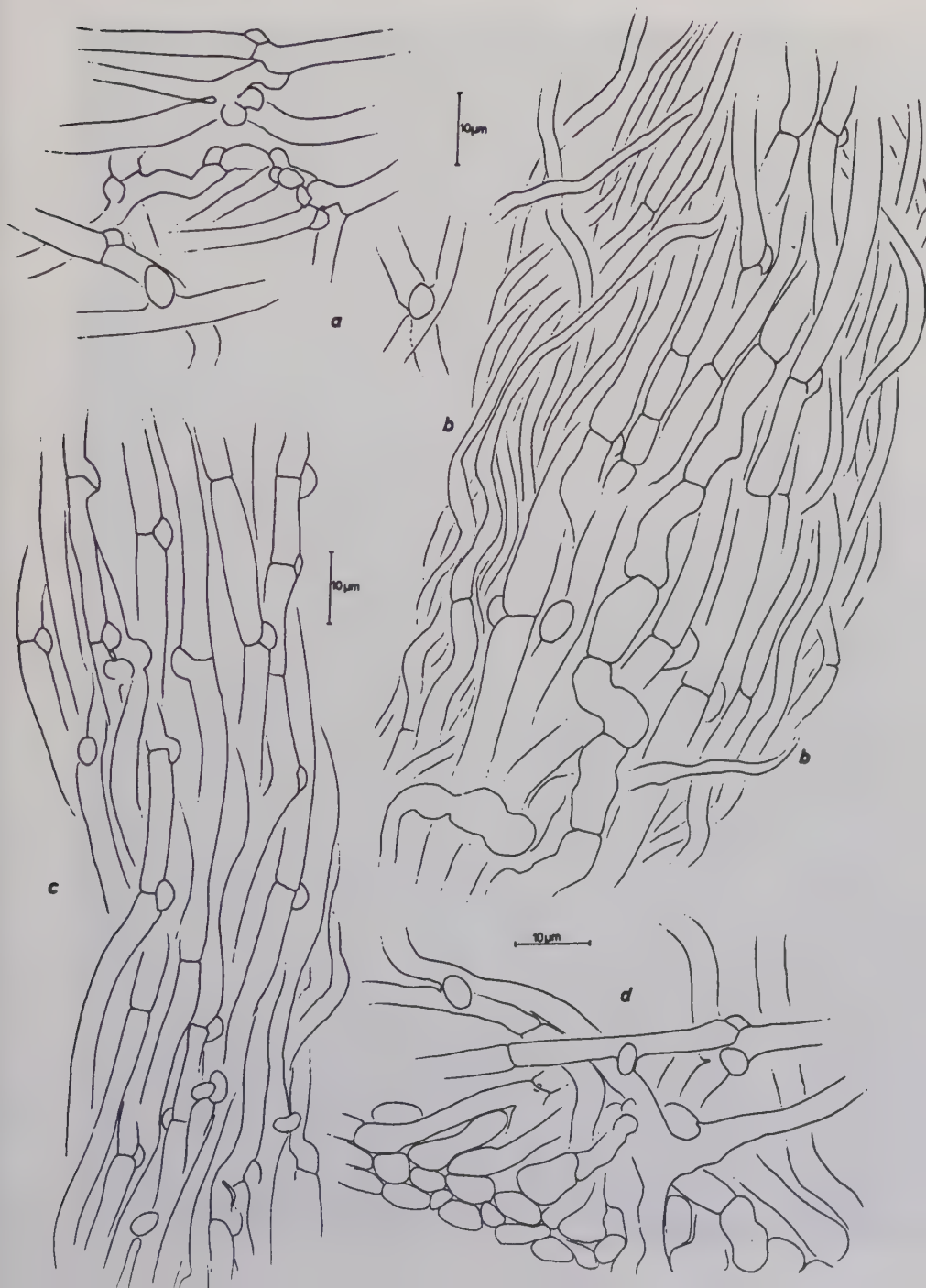
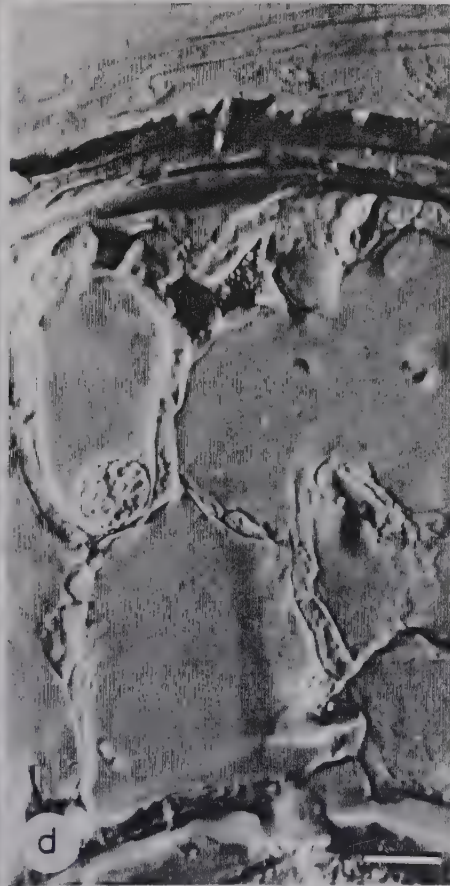
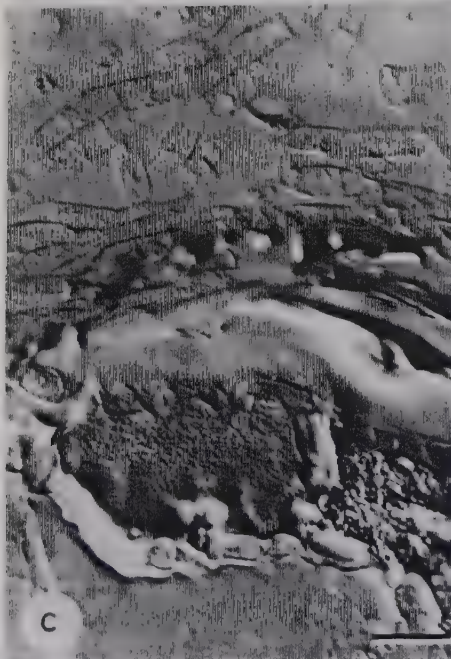
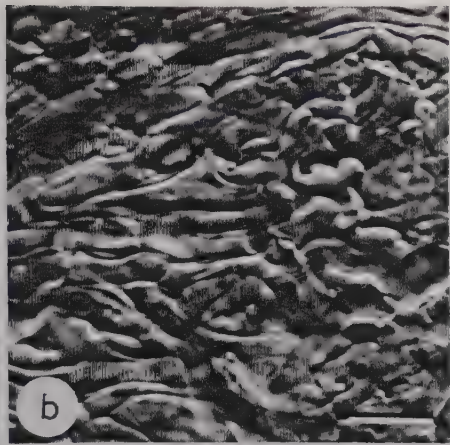
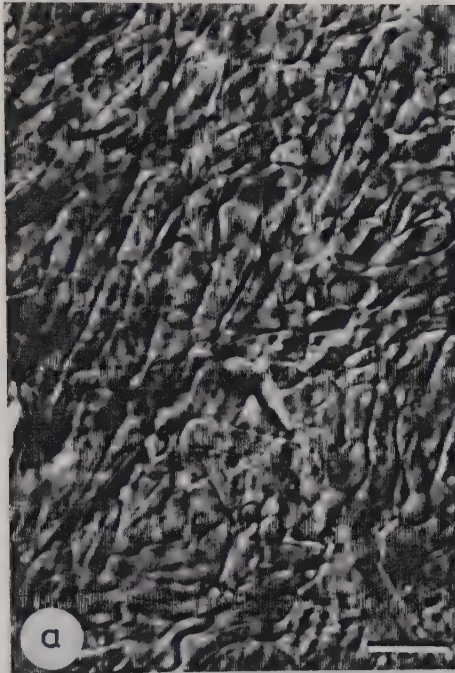


Abbildung 8.3

Dermocybe holoxantha



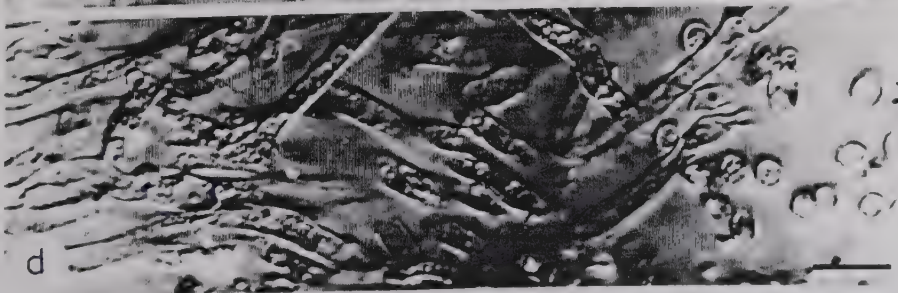
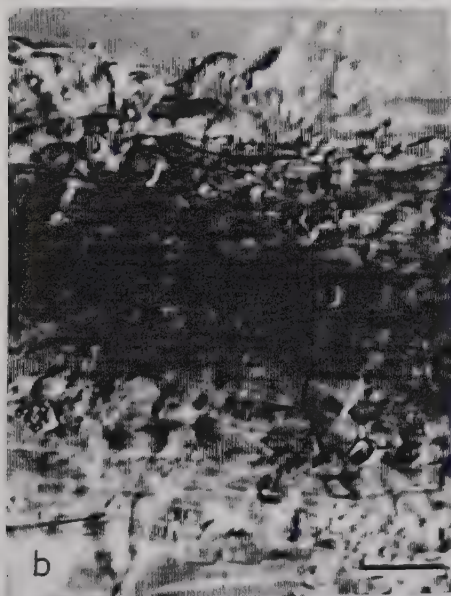
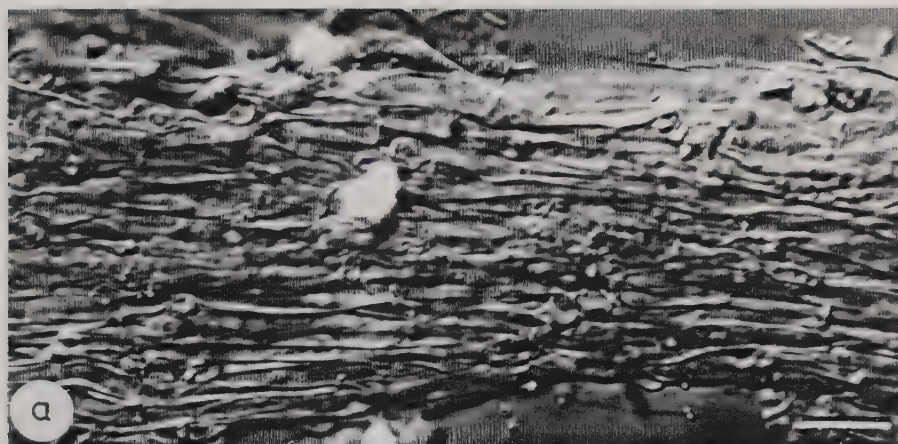


Abbildung 8.1

a) Habitus der Mykorrhiza von *Dermocybe holoxantha* an *Pinus silvestris*; b) Hüllhyphen der Rhizomorphen (von Fruchtkörper zur Mykorrhiza); c) Hartigsches Netz in Aufsicht, Palmetti-Typ; d) Mantelaufsicht; d') Mantel, mittlere Schicht. Alle Abbildungen von UM-D270.

Abbildung 8.2

a) abziehende Hyphen mit typischen Hyphenverbindungen; b) Rhizomorphe mit Hüllhyphen (Rhizomorphendimorphismus !); c) Rhizomorphe ohne Hüllhyphen, mit Kontaktschnallen; d) Mantel und abziehende Hyphen von einem Querschnitt durch die Mykorrhiza. Alle Abb. von UM-D270; Maßstab 10µm. re Schicht. Alle Abbildungen von UM-D270.

Abbildung 8.3

a) Mantelaufsicht; b) Mantel, innere Schicht; c) Längsschnitt durch die Mykorrhiza mit abziehenden Hyphen, Mantel, Tanninzellen, Rindenzellen und Hartigschem Netz; d) Querschnitt durch die Mykorrhiza mit Mantel, Tanninzellen, Rindenzellen und Hartigschem Netz. Alle Abbildungen von UM-D270; Maßstab 10µm.

Abbildung 8.4

a) Rhizomorphe, optischer Längsschnitt; b) Rhizomorphe mit stark gewundenen, dickeren, inneren Hyphen; c) Hüllhyphen der Rhizomorphe, die Fruchtkörperbasis mit Mykorrhiza verbindet; d) abziehende Hyphen. Alle Abbildungen von UM-D270; Maßstab 10µm.

DERMOCYBE SEMISANGUINEA (Fr.) Mos. (Abb. 9.1-9.4)
AN PINUS SILVESTRIS

Referenzbeleg: Deutschland, Bayern, Kelheim, Siegenburg, Kiefernwald, 23.9.1986. Fruchtkörper UM 233 und Mykorrhiza UM D230, in M.

Morphologie (Abb. 9.1.a)

Mykorrhizensystem unregelmäßig verzweigt; Seitenenden meist gebogen. Länge des Mykorrhizasystems zwischen 0,5 und 1,2 cm; unverzweigte Enden bis 4mm lang; Durchmesser zwischen 0,35 und 0,4mm; Enden meist gebogen und gewunden; Oberfläche locker bis dicht strähnig; unverzweigte Seitenenden gelb bis weißlich-gelb mit silbrigem Schein, der von eingeschlossener Luft herrührt; Spitzen der Seitenenden fast weiß, ältere Partien dunkler gelb, zum Teil leicht rötend; nach Herausstreichen eingeschlossener Luft bis braun verfärbend.

Anatomische Merkmale der Oberfläche

Mantelaufsicht (Abb. 9.1.b, 9.3.a) plectenchymatisch, locker verwoben, 3-5µm im Durchmesser; Zellwand bis 0,3µm dick; Hyphen membranär und plasmatisch leicht gelb; Cystiden fehlend.

Mantelinnenansicht (Abb. 9.1.c) dicht plectenchymatisch, kein regelmäßiges Muster erkennbar, Hyphen 3-5µm im Durchmesser, stark gewunden und ausgebuchtet.

Abziehende Hyphen (Abb. 9.2.b+c, 9.3.b+c). Hyphen inkrustiert; 3-5µm im Durchmesser; Septenabstand 35-120µm; Verzweigung der Hyphen rechtwinklig oder gabelförmig. Kontakt-Schnallen in abziehenden Hyphen häufig; Septen immer mit Schnallen; Doliporus-ähnliche Strukturen nicht zu erkennen.

Rhizomorphen (Abb. 9.2.a, 9.3.b+d, 9.4.a) oft über Mykorrhizenspitze abziehend nur wenige abziehende Hyphen an den Rhizomorphen; zwei Rhizomorphentypen vorhanden: (a) Rhizomorphen, die von der Mykorrhiza in den Boden ziehen und sich dabei immer mehr auffasern; (b) Rhizomorphen, die die Fruchtkörperbasis mit der Mykorrhiza verbinden und wollig eingehüllt sind (Durchmesser ohne

Hülle 100µm, mit Hülle bis 180µm); Hyphen parallel zur Längsachse der Rhizomorphe laufend und untereinander durch zahlreiche Kontakt-Schnallen verbunden; Durchmesser der Hyphen 3-5µm, Septenabstand 20-80µm; Zellwände bis 0,3µm; äußere Hyphen stark gelb inkrustiert; einhüllende Hyphen 2µm im Durchmesser, ohne Schnallen, glatt.

Anatomische Merkmale, Querschnitt (Abb. 9.4.b)

Mantel plectenchymatisch, 15 - 30µm dick; keine Schichtung; Hyphen 2-4(7)µm, tangential 5-20µm (abziehende Hyphen).

Tanninzellen tangential verlängert, unregelmäßig zusammengedrückt, in einer Reihe; tangential 15-45(60)µm, radial (5)8-10(15)µm; TCt = 30,8µm; TCq 3,7.

Rindenzellen rundlich bis tangential-oval; 3-4 Reihen; tangential (15)20-55(60)µm, radial (10)15-40(45)µm; CCt = 36,3µm; CCq: 1,3;

Hartigches Netz : Reihenzahl um die Tanninzellen und um die Rindenzellen: 1; Hyphen des Hartigschen Netzes um Tanninzellen rund, 3-6 µm im Durchmesser, um Rindenzellen rund, bis 5µm im Durchmesser; Zellwände der äusseren Rindenzellen bis 4µm dick.

Anatomische Merkmale, Längsschnitt (Abb. 9.4.c)

Mantelhyphen radial 2-5µm, tangential 3-5µm und mehr (abziehende Hyphen); keine Schichtung.

Tanninzellen unregelmäßig zusammengedrückt, tangential (30)40-70(80)µm, radial (5)8-10(15)µm; TCt: 43µm; TCq = 5,2;

Rindenzellen rund; tangential (15)20-45µm, radial (10)15-40(45)µm; CCt = 33,8µm; CCq: 1,25;

Hartigches Netz vom Palmetti-Typ, Loben 2-4µm breit (Abb. 9.1.d, 9.4.d)

Farbreaktionen in verschiedenen Reaktionen

Anilin: --; Brilliant-Kresyl-Blau: blau, nach Waschen mit Wasser z.T. violett; Baumwollblau: --; Formalin 40%: --; Guaiak:--;Eisensulfat: schmutzig gelb; KOH: --; Melzer's Reagenz: --; Phenol: --; Phenol-Anilin: --; Säurefuchsin: --; Sulfo-Vanillin: --.

Autofluoreszenz

Ganze Mykorrhiza: UV 254 nm: kräftig gelb bis orange; UV 366 nm: --; Mantel und Rhizomorphen: UV-filter (340-380nm) : stark gelb; Blaufilter (450-490nm): --; Grünfilter (530-560nm): --.

Kernfärbung (Abb. 9.2.b)

1-2 Kerne pro Zelle; Kernabstand variabel ; rund; 1,5-2µm im Durchmesser; ohne siderophile Granulation (Methode Acetocarmin).

Verwendetes Material und Identifikation

Referenzbeleg; Die direkte Verbindung zwischen Fruchtkörper und Mykorrhizen via Rhizomorphen konnte nachgewiesen werden. Weitere untersuchte Probe RA 10958, in M.

Mykorrhizen von *Dermocybe semisanguinea* in der Literatur
Zak (1971) beschreibt in seinem Artikel lediglich die starke, gelbe Fluoreszenz der Mykorrhiza (sub nomine Cortinarius semisanguineus), gibt aber keine morphologische Beschreibung.

Aus der Sektion Sanguinei liegt die Beschreibung der Ektomykorrhiza von *Dermocybe sanguinea* an *Picea abies* von Agerer (1987a) vor. Diese Ektomykorrhiza ähnelt in Morphologie und Anatomie der hier beschriebenen. Deutlichster Unterschied ist die Farbe der Mykorrhiza. *D. sanguinea* bildet eine rotbraune, *D. semisanguinea* eine fahlgelbe Mykorrhiza aus. Bei den Farbreaktionen ergibt *D. sanguinea* mit Eisensulfat eine leicht gelb-grüne, *D. semisanguinea* eine schmutzig gelbe Reaktion. Diese Reaktionen sind vergleichbar und deuten eher wieder auf die Verwandtschaft der beiden Arten hin. Auf Brillant-Kressyl-Blau werden die Hyphen von *D. sanguinea* hell blau, die dichter gefüllten Hyphen grünlich, während *D. semisanguinea* in der üblichen Weise reagiert (zunächst blau und nach auswaschen mit Wasser teilweise violett)

Abbildung 9.1

Dermocybe semisanguinea

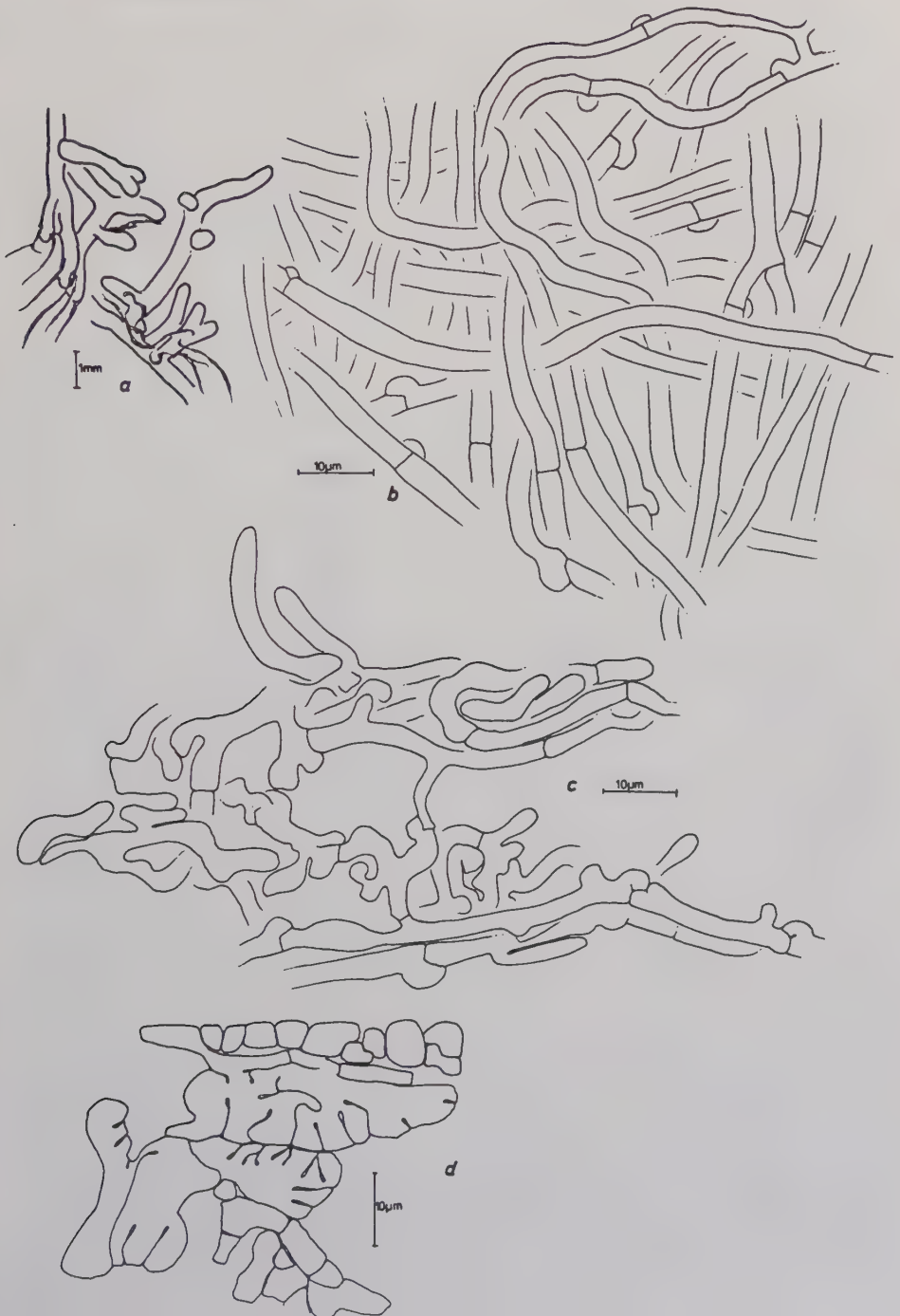


Abbildung 9.2

Dermocybe semisanguinea

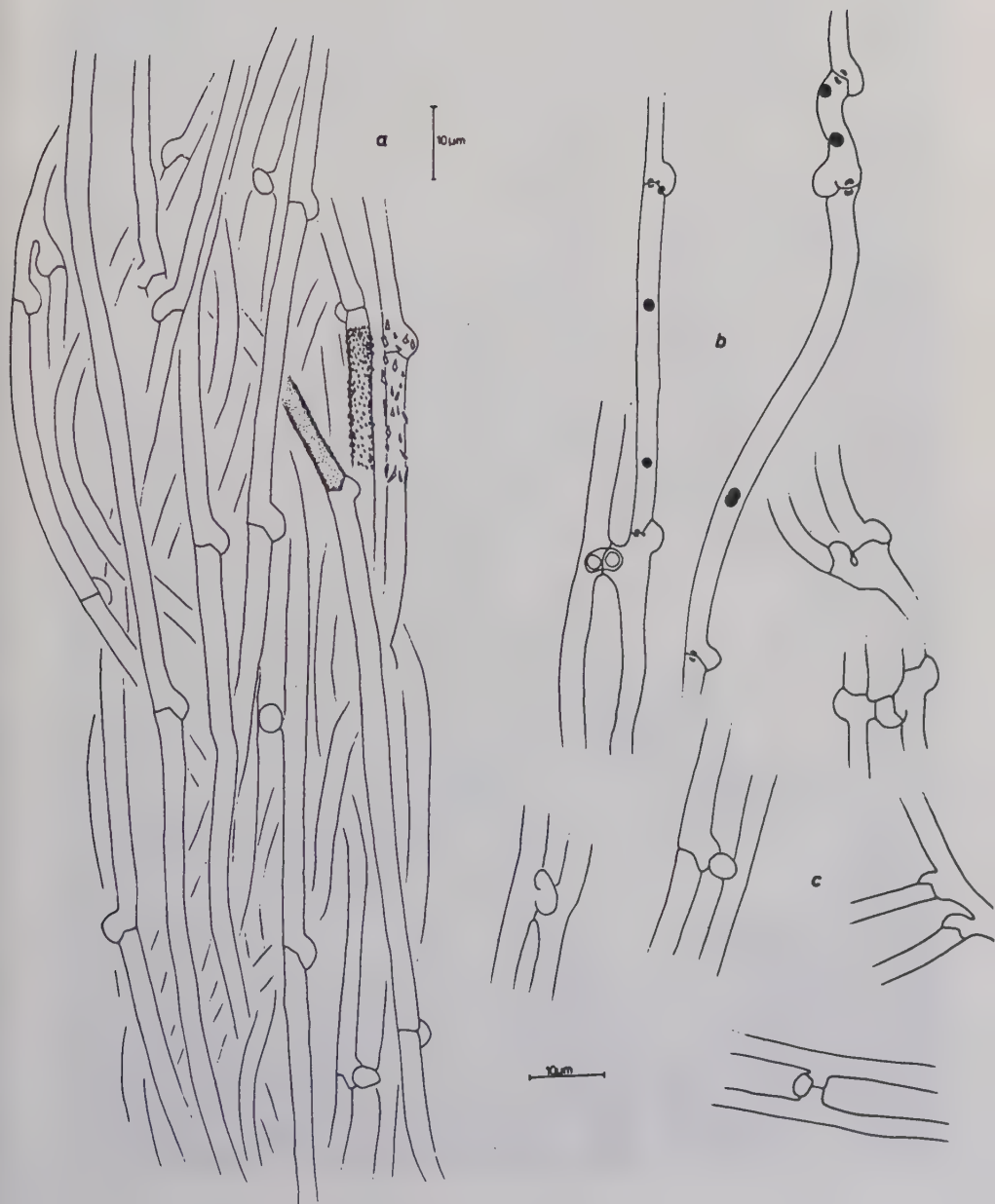


Abbildung 9.3

Dermocybe semisanguinea

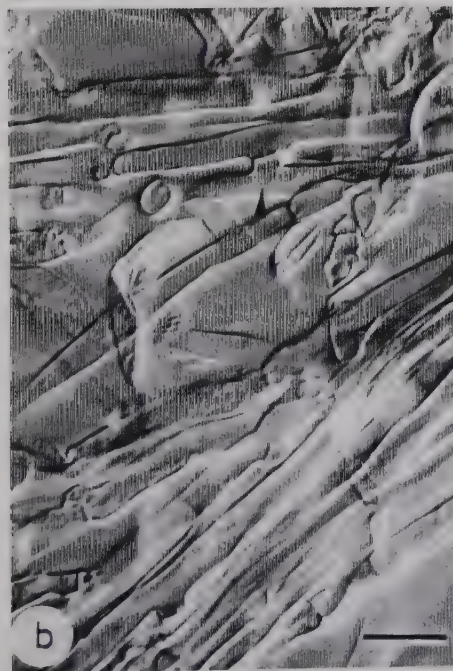
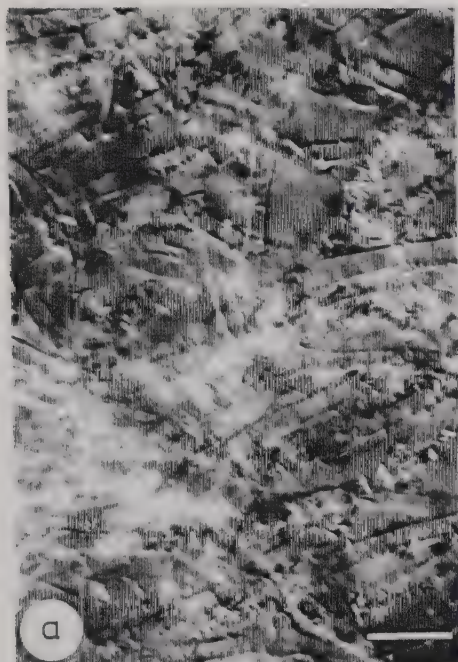


Abbildung 9.4

Dermocybe semisanguinea

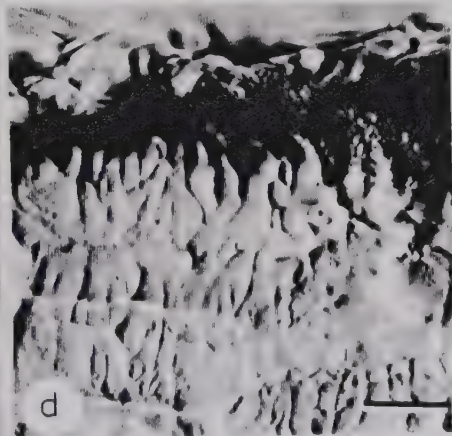
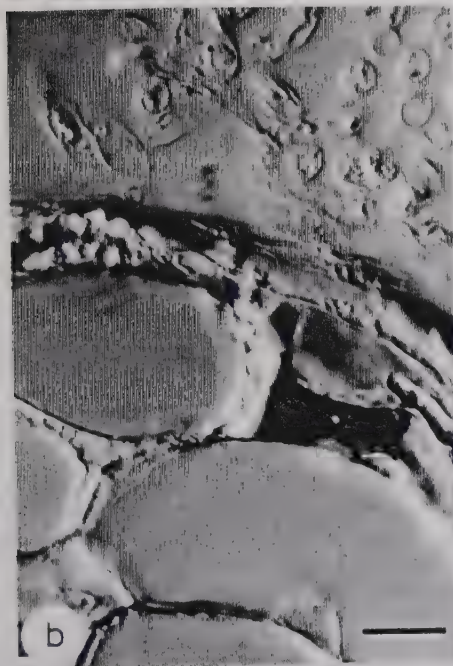


Abbildung 9.1

a) Habitus der Mykorrhiza von *Dermocybe semi-sanguinea* an *Pinus silvestris*; b) Mantelaufsicht; c) Mantel, Innenansicht; d) Hartigsches Netz in Aufsicht, Palmetti-Typ; Alle Abbildungen von UM-D230.

Abbildung 9.2

a) undifferenzierte Rhizomorphe, einige Hyphen mit feiner und grober Inkrustation gezeichnet; b) Kernfärbung, Hyphenverbindungen; c) typische Hyphenverbindungen (Kontaktschnallen). Alle Abbildungen von UM-D230.

Abbildung 9.3

a) Mantelaufsicht; b) abziehende Hyphen und Rhizomorphe (unten); c) abziehende Hyphen, Fluoreszenzaufnahme; d) grob inkrustierte Rhizomorphenhypnen, Fluoreszenzaufnahme. Alle Abbildungen von UM-D230; Maßstab 10µm.

Abbildung 9.4

a) Rhizomorphe; inkrustierte, äußere Hyphen; typische Hyphenverbindungen; b) Querschnitt durch die Mykorrhiza mit Mantel, Tanninzellen, Rindenzellen und Hartigschem Netz; c) Längsschnitt durch die Mykorrhiza mit Mantel, Tanninzellen, Rindenzellen und Hartigschem Netz; d) Aufsicht auf Hartigsches Netz -Palmetti-Typ. Alle Abbildungen von UM-D230; Maßstab 10µm

DERMOCYBE SEMISANGUINEA II (Abb. 10.1-10.4)

AN PINUS SILVESTRIS

Referenzbeleg: Deutschland, Bayern, Kelheim, Siegenburg, Kiefernwald, 23.9.1986. Fruchtkörper UM 233 und Mykorrhiza UM D230, in M.

Morphologie (Abb. 10.1.a)

Mykorrhizensystem unregelmäßig verzweigt; Seitenenden gewunden. Länge des Mykorrhizasystems zwischen 1 und 2 cm; unverzweigte Enden bis 1mm lang; Durchmesser zwischen 0,35 und 0,4mm; Oberfläche dicht strähnig; unverzweigte Seitenenden bräunlichweiß bis gelblich-weiß; Spitzen der Seitenenden heller, ältere Partien dunkler, zum Teil mit rotbraunen Flecken.

Anatomische Merkmale der Oberfläche

Mantelaufsicht (Abb. 10.1.b, 10.3.a, 10.4.a) plectenchymatisch, locker verwoben, Hyphen 4µm im Durchmesser; Zellwanddicke unauffällig; Hyphen membranär und plasmatisch leicht gelb; äußerste Hyphen deutlich gelb inkrustiert; Cystiden fehlend. Tieferliegende Schichten plectenchymatisch bis pseudoparenchymatisch; parallel verlaufende Hyphenstränge und Flecken gewundenener, stark ausgebuchteter Hyphen (Abb.10.1.c, 10.4.b); Durchmesser 3-5µm; Länge (der gestreckten Hyphen) 20-30(40)µm; Zellwanddicke unauffällig.

Mantelinnenansicht (Abb. 10.3.b, 10.4.c) dicht plectenchymatisch; keine regelmäßigen Muster erkennbar; Hyphen 3 - 5 µm im Durchmesser, stark gewunden und ausgebuchtet, Zellwände unauffällig.

Abziehende Hyphen (Abb. 10.2.b, 10.4.d) Hyphen stark gelb inkrustiert, aber auch glatte vorkommend; 2,5-5µm im Durchmesser; Septenabstand 40-60µm; Verbindung der Hyphen oft durch Kontakt-Schnallen und Anastomosen; Septen immer mit Schnallen.

Rhizomorphen (Abb. 10.1.d, 10.2.a, 10.3.c, 10.4.e) oft über Mykorrhizenspitze abziehend; 50-80µm im Durchmesser; Begrenzung durch fortwährendes Aufspalten und Wie-

dervereinigen der Stränge undeutlich; Hyphen nahezu parallel zur Längsachse der Rhizomorphe laufend und untereinander durch zahlreiche Kontakt-Schnallen und Anastomosen verbunden; Durchmesser der Hyphen 4-4.5µm, Septenabstand 30-50µm; Zellwände unauffällig; äußere Hyphen oft stark gelb inkrustiert.

Anatomische Merkmale, Querschnitt (Abb. 10.3.d)

Mantel plectenchymatisch, 15 - 30µm dick; keine Schichtung; Hyphen radial 2-4µm, tangential 3-5µm (und länger: abziehende Hyphen).

Tanninzellen tangential verlängert, unregelmäßig zusammengedrückt, mit konkaven Einbuchtungen, in einer Reihe; tangential 15-50(60)µm, radial (5)8-10(15)µm; TCt = 29,1µm; TCq 3,3.

Rindenzellen rundlich bis oval; 3-4 Reihen; tangential (15)20-50(60)µm, radial 20-30(40)µm; CCT = 33,5µm; CCq: 1,2;

Hartigisches Netz : Reihenzahl um die Tanninzellen und um die Rindenzellen: 1-2; Hyphen des Hartigischen Netzes um Tanninzellen rund, 3-5(-8) µm im Durchmesser, um Rindenzellen rund, 2-5µm im Durchmesser.

Anatomische Merkmale, Längsschnitt (Abb. 10.3.e)

Mantelhyphen radial 3-5µm, tangential 3-5µm und mehr (abziehende Hyphen);

Tanninzellen unregelmäßig zusammengedrückt, tangential 10-45(50)µm, radial (5)8-10(15)µm; TCt: 28µm; TCq = 3.6;

Rindenzellen rund; tangential (15)20-40(50)µm, radial 20-30(40)µm; CCT = 26.8µm; CCq: 0.95;

Hartigisches Netz vom Palmetti-Typ, Loben 2-3µm breit.

Farbreaktionen

wegen Materialmangels nicht durchgeführt

Autofluoreszenz

Ganze Mykorrhiza: UV 254 nm: kräftig gelb bis orange; UV 366 nm: --; Mantel und Rhizomorphen: (in Milchsäure 90%) UV-filter (340-380nm : gelb bis orange; Blaufilter (450-490nm): --; Grün-filter (530-560nm): --.

Kernfärbung

Wegen Materialmangel nicht durchgeführt.

Verwendetes Material und Identifikation

Deutschland, Bayern, Pleinfeld, Stirn, Kiefernwald, 17.9.1985. Mykorrhiza UM-P40, in M. Identifikation durch Vergleich mit Referenzbeleg.

Diskussion

Die hier beschriebene Ektomykorrhiza wurde durch Analogie als Ektomykorrhiza von *Dermocybe semisanguinea* identifiziert. Die Aufsammlungen der beiden Ektomykorrhizen stammen jedoch von zwei verschiedenen Standorten (UM-D230 aus einem Kiefernwald bei Celle, auf Flugsand; UM-P40 aus einem Kiefernwald aus Pleinfeld auf Burgsandstein/Podsol). Die Probe aus Pleinfeld zeigt im Unterschied zur Probe aus Celle deutliche intrazelluläre Durchwachsungen der Hartigschen Netz-hyphen durch die Tanninzellen (Abb. 10.2.c). Außerdem wurde ein deutliches, einseitiges Einhüllen der Zellkerne der Rindenzellen durch das Hartigsche Netz beobachtet (Abb. 10.2.d). Ob diese beiden Sonderbildungen mit den Standorteigenschaften korreliert sein könnten, müßte durch weitere Untersuchungen geklärt werden.

Trotz dieser Abweichungen erscheint es als gerechtfertigt, den Beleg aus Pleinfeld (UM-P40) als *Dermocybe semisanguinea* zu identifizieren.

Die Gegenüberstellung der beiden Beschreibungen zeigt, daß ältere Beschreibungen -hier die etwa ein Jahr zurückliegende Aufsammlung UM-P40- auch nachträglich durch Vergleich der erhobenen Daten für eine Identifizierung verwendet werden können.

Den Ausschlag für die Identifizierung gaben hier a) die fluoreszierende, gelbe Inkrustation auf äußeren Mantel- und Rhizomorphenhyphen; b) die Kontaktschnallen an abziehenden Hyphen und Rhizomorphenhyphen und c) die in allen Fällen recht ähnlichen Dimensionen bei den anatomischen Strukturen.

Abbildung 10.1

Dermocybe semisanguinea II

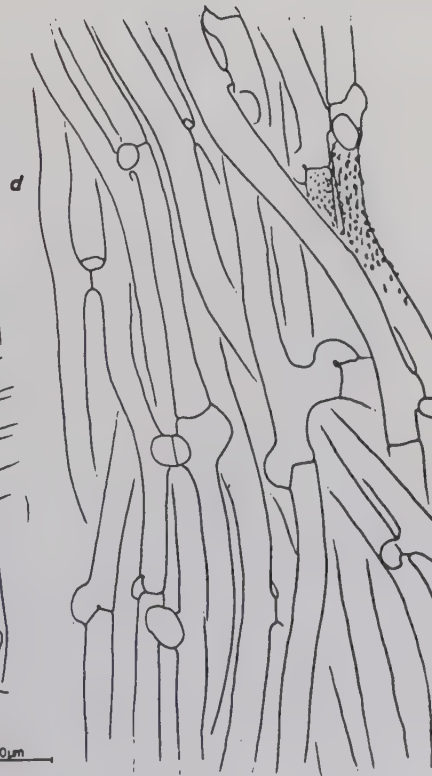
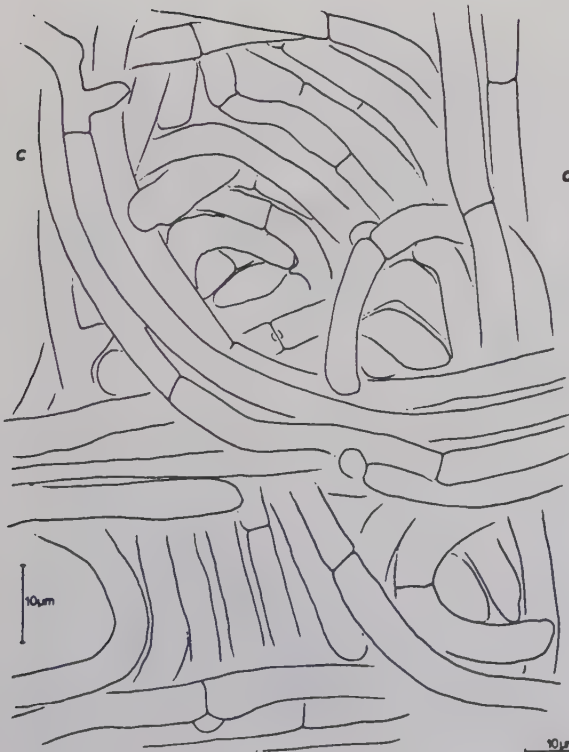
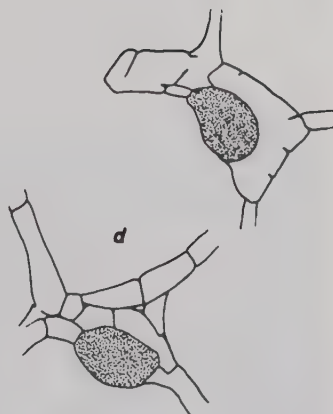
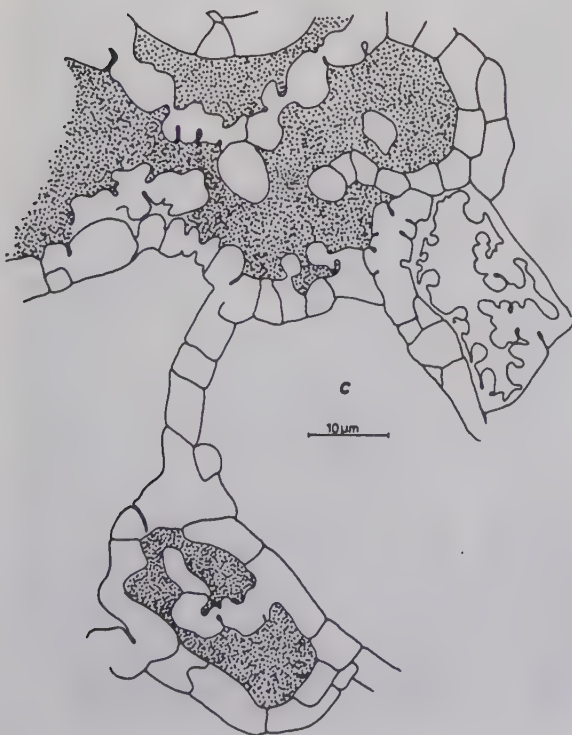
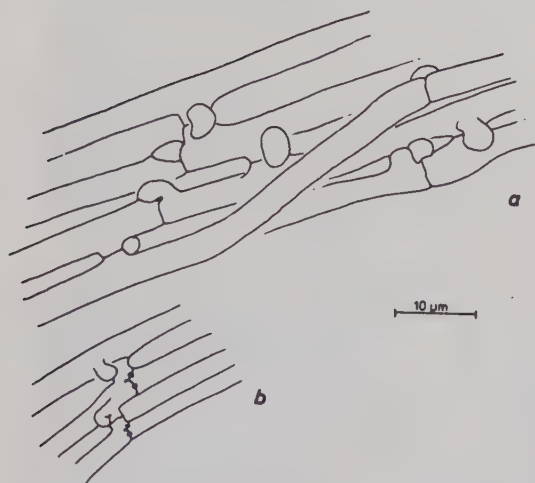


Abbildung 10.2

Dermocybe semisanguinea II



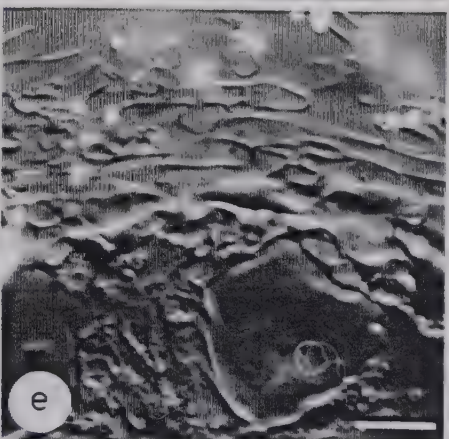
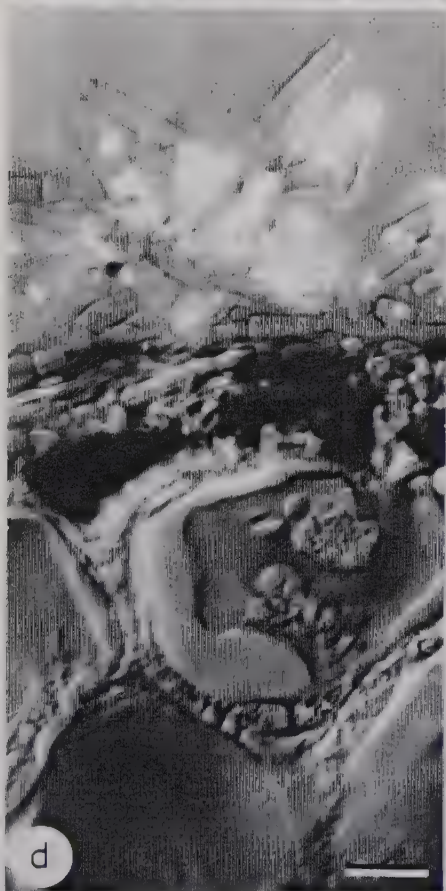
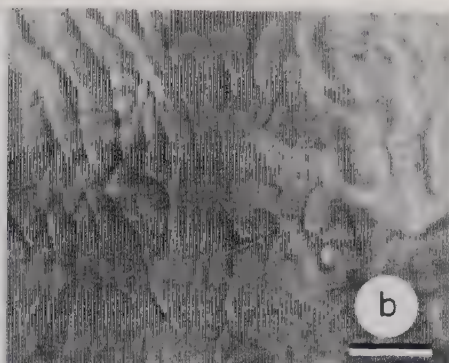


Abbildung 10.4

Dermocybe semisanguinea ==

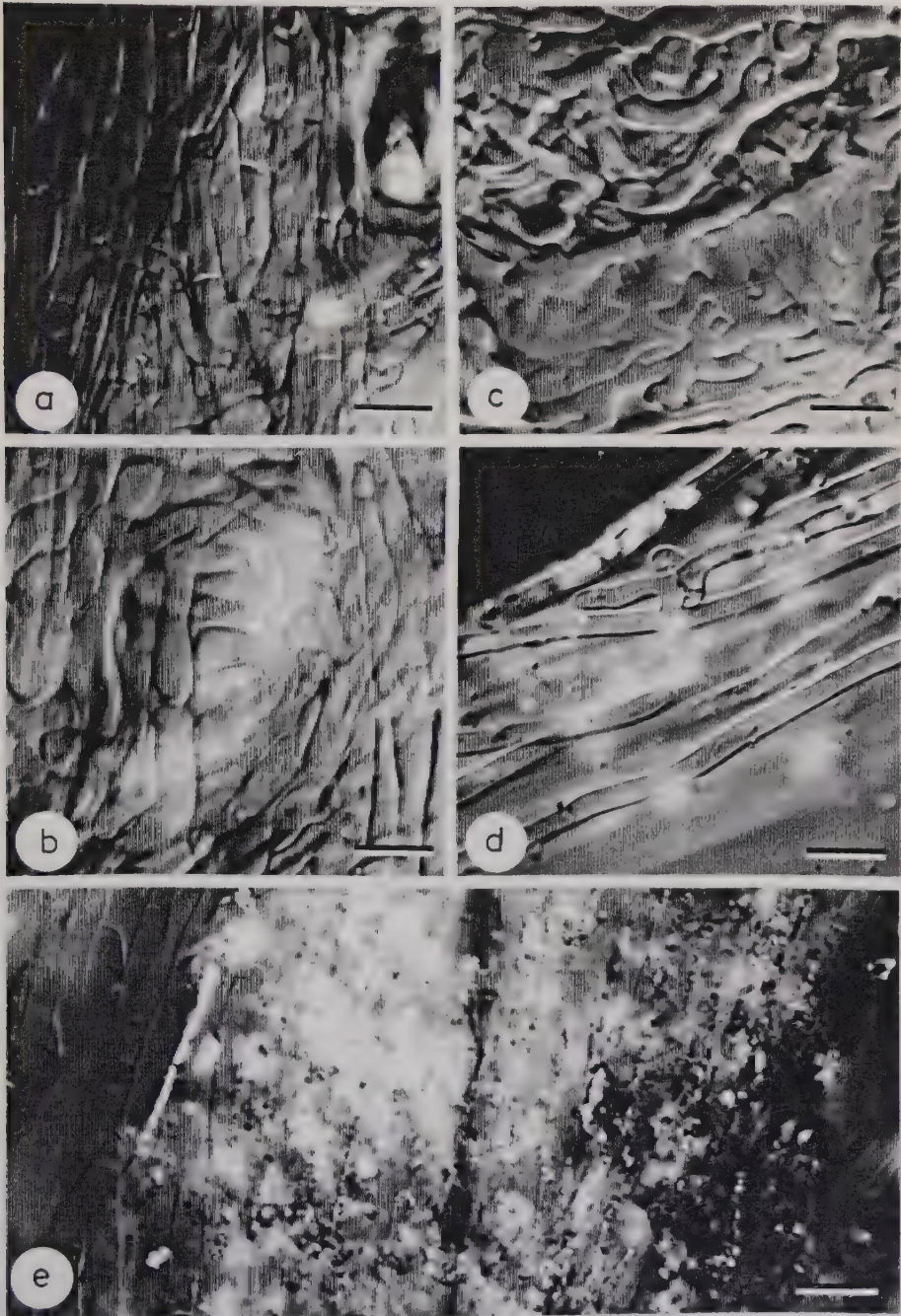


Abbildung 10.1

a) Habitus der Mykorrhiza von *Dermocybe semisanguinea* an *Pinus silvestris*; b) Mantelaufsicht; manche Hyphen inkrustiert; c) Mantel, mittlere Schicht mit parallelen Hyphenstrukturen, innere Mantelschicht z.T. sichtbar; d) Rhizomorphe, manche äußere Hyphen inkrustiert. Alle Abbildungen von UM-P40.

Abbildung 10.2

a) Rhizomorphe mit Kontaktschnallen; b) abziehende Hyphe mit typischen Hyphenverbindungen; c) Tanninzellen mit intrazellulären Hyphen, zum Teil mit Zellwandvorstülpungen in das Zellumen (Pfeil); d) Details zur Lage der Zellkerne der Rindenzellen, die oft vom Hartigschen Netz eingebettet scheinen. Alle Abbildungen von UM-P40.

Abbildung 10.3

a) Mantelaufsicht, Hyphen stark inkrustiert; b) Mantel, Innenansicht; c) Rhizomorphe mit Inkrustationen; d) Querschnitt durch die Mykorrhiza mit Mantel -inkrustierte Mantelhyphen- Tanninzellen, Rindenzellen und Hartigschem Netz; e) Längsschnitt durch die Mykorrhiza mit Mantel, Tanninzellen, Rindenzellen und Hartigschem Netz. Alle Abbildungen von UM-P40; Maßstab 10µm.

Abbildung 10.4

a) Mantelaufsicht; b) Mantel, mittlere Schicht; c) Mantelinnenansicht; d) abziehende Hyphen; e) ältere Rhizomorphe, inkrustiert. Alle Abbildungen von UM-P40;

Diskussion der Beschreibungen von Dermocyben-Mykorrhizen

Bis heute sind sechs Mykorrhizen aus der Gattung Dermocybe beschrieben. Dies sind

<u>Dermocybe crocea</u>	<u>+Pinus silvestris</u>
<u>Dermocybe semisanguinea</u>	<u>+Pinus silvestris</u>
<u>Dermocybe holoxantha</u>	<u>+Pinus silvestris</u>
<u>Dermocybe palustris</u>	<u>+Pinus mugo</u>
<u>Dermocybe sanguinea</u>	<u>+Picea abies</u>
<u>Dermocybe cinnamomea</u>	<u>+Picea abies</u>

Die Angaben über D. palustris stammen aus Uhl&Agerer (1987), die über D. sanguinea und D. cinnamomea aus Agerer (1987a). Diesen sechs Dermocyben sind folgende Merkmale gemeinsam.

Alle haben einen dicht strähnigen Mantel der durch Luft-einschluß einen silbrigen Schein aufweist. Die Seitenenden der Mykorrhiza sind stets zumindest leicht gewunden. Rhizomorphen sind stets zahlreich vorhanden und ziehen in flachem Winkel an der Mykorrhizenoberfläche entlang und von dieser ab. Diese Rhizomorphen sind nicht differenziert. Allerdings wurden bei allen außer D. sanguinea und D. cinnamomea dimorphe Rhizomorphen festgestellt, wobei die Rhizomorphen, die Fruchtkörper und Mykorrhiza verbinden, von dünnen Hüllhyphen (Durchmesser 2µm; ohne Schnallen) wollig eingehüllt sind. Die übrigen Rhizomorphen, die in das Substrat ausstrahlen, zeigen nicht diese Einhüllung. Es wäre möglich, daß auch die Mykorrhizen von D. sanguinea und D. cinnamomea diesen Dimorphismus aufweisen, dieser aber zunächst nicht beachtet wurde.

Alle sechs Arten bilden deutliche Kontaktschnallen aus, doch tritt dieses Merkmal auch in den Subgenera Telamonia und Leprocycbe der Gattung Cortinarius auf (Cortinarius venetus sg. Telamonia & C. obtusus sg. Leprocycbe; Agerer 1987b) auf. Die Mykorrhiza von Dermocybe semisanguinea hebt sich von den anderen durch ihre Inkrustationen ab, die eine starke Autofluoreszenz zeigen. Außerdem sind hier die unverzweigten Seitenenden mit bis zu 4mm am längsten. D. cinnamomea, D. holoxantha und D. crocea

zeigen keine Anastomosen, während diese bei D. semisanguinea und D. sanguinea vorhanden sind.

Der Durchmesser der Hyphen liegt bei D. crocea zwischen 2.5 und 3µm, während er bei den anderen Mykorrhizen dieser Gattung über 3µm liegt und bei D. palustris sogar bis 5.5µm reicht. Auch die Zellwanddicke bietet noch Differenzierungsmöglichkeiten. So sind die Zellwände von D. palustris, D. cinnamomea und D. sanguinea bis zu 0.5µm dick, während die Zellwände der anderen Arten unauffällig (D. holoxantha) oder nur wenig verdickt sind (D. semisanguinea und D. crocea). An dieser Gattung zeigen sich besonders die Schwierigkeiten der Morphologischen Artdifferenzierung bei nahe verwandten Arten (D. crocea, D. palustris und D. holoxantha in Sektion Holoxantha). Einen Ausweg könnte hier die vergleichende Analyse der in Dermocyben anzutreffenden Pigmente bieten. Eigene Vorversuche in dieser Richtung ergaben, daß bei der zur Verfügung stehenden Materialmenge die Dünnschichtchromatographie noch nicht eindeutige Ergebnisse bringt (siehe in dieser Arbeit S.221).

3. Ektomykorrhizen aus der Gattung Cortinarius

CORTINARIUS ODORIFER Britz. (Sektion Phlegmacium (Fr.)Fr.
AN PINUS SILVESTRIS (Abb. 11.1-11.3)

Referenzbeleg: Deutschland, Bayern, Garmisch-Partenkirchen, Mittenwald, an Pinus silvestris, leg. M. Uhl, 13.09.1986, Fruchtkörper UM-248 und Mykorrhizen UM-D200, in M.

Morphologie (Abb. 11.1.a)

Mykorrhizensystem bis zu 1cm lang und einfach gabelig verzweigt; unverzweigte Enden bis 2 mm lang und 0,4mm im Durchmesser; geschlängelt; Oberfläche dicht strähnig; gelb-ocker in allen Partien der Mykorrhiza.

Anatomische Merkmale der Oberfläche

Mantelaufsicht (Abb. 11.1.d, 11.2.a) plectenchymatisch, locker verwoben, Hyphen 4-5µm im Durchmesser, allmählich in abziehende Hyphen übergehend; oft Abschnitte mit parallelem Hyphenverlauf; Zellwand unauffällig, Hypheninhalt und -wände leicht gelblich; Oberfläche an der Mykorrhizenspitze plectenchymatisch; Cystiden nicht gefunden; in tieferer Schicht zunehmend dichter plectenchymatisch (Abb. 11.2.b).

Mantelinnenansicht (Abb. 11.2.c) dicht plectenchymatisch; Hyphen verzweigt, 3-4µm im Durchmesser; kein regelmäßiges Muster erkennbar; Zellwand unauffällig.

Abziehende Hyphen (Abb. 11.1.e+f, 11.3.d+e) 3-4µm im Durchmesser; Zellwand unauffällig; Hyphen ohne Inkrustationen; Hypheninhalt und -wände leicht gelb; Septen mit Schnallen.

Rhizomorphen (Abb. 11.1.c+g, 11.2.d+e) bis zu 100µm dick; parallel der Mykorrhizenoberfläche abziehend; Hyphen aus der Rhizomorphe ausfasernd; Hyphen dicht verwoben; Hyphen 3-4µm im Durchmesser; mit gelben, aufsitzenden Kristallen; Zellwand bei allen Hyphen unauffällig. Anastomosen vorhanden.

Anatomische Merkmale im Querschnitt (Abb. 11.3.c)

Mantel: Plectenchymatisch, 10-15µm dick; keine unterscheidbare Schichten, Hyphen tangential 5-20µm, radial 3-5µm;

Tanninzellen 1-2 Reihen, unregelmäßig zusammengedrückt, mit konkaven Einbuchtungen; tangential 25-60(80)µm, radial 5-20µm, TCt = 45,8µm; TCq: 4,95.

Rindenzellen: 3-4 Reihen; Form unregelmäßig, tangential (15)25-50µm, radial 15-50µm, CCt = 34µm; CCq: 1,2;

Hartigches Netz: 3-4 Rindenzellenreihen tief; Hartig-sches Netz um die Tanninzellen 3-5µm dick, eine Hyphenreihe, Zellen oval bis länglich; um die Rindenzellen: 2-5µm dick, eine Hyphenreihe, Zellen rund bis länglich. Hartig-sches Netz um die Rindenzellen 2-3µm dick, 1 Hyphenreihe; Zellen rund.

Anatomische Merkmale im Längsschnitt

(Abb. 11.1.b, 11.3.a+b)

Mantel 10-15µm dick; durchwegs plectenchymatisch; keine unterscheidbaren Schichten; Hyphen tangential 3-15µm, radial 2-6µm.

Tanninzellen unregelmäßig zusammengedrückt, mit konkaven Einbuchtungen; tangential 20-60µm, radial 5-10µm, TCt = 40µm; TCq: 4,4.

Rindenzellen leicht tangential-oval; tangential (20)30-50(60)µm, radial 15-50µm, CCt = 38,3µm; CCq: 1,3.

Hartig-sches Netz vom Palmetti-typ mit 2-4(-5)µm breiten Lappen (Abb. 11.1.b)

Farbreaktionen in verschiedenen Reagenzien

Anilin: --; Brilliant-Kresyl-Blau: blau; nach Waschen mit Wasser: Ränder des Mantelstückes leicht violett; Baumwollblau: --; Ethanol 70%: --; Guaiac: --; Eisensulfat: --; KOH 15%: Inkrustationen dunkelbraun; Melzer's Reagenz: --; Phenol: --; Phenol-Anilin: --; Säure-Fuchsin: --; Sulvo-Vanillin: --.

Autofluoreszenz

Ganze Mykorrhiza UV 254nm:--; UV 366nm:--. Mantel, Rhizomorphen und abziehende Hyphen: UV-filter(340-380nm):

gelborange; Blau-filter(450-490nm): dunkelgelb;Grün-filter:(530-560nm): rotorange; Tanninzellen: UV-filter: --; Blau-filter:fahlgelb; Grün-filter:-; Hartigsches Netz:-.

Kernfärbung

2 Kerne pro Zelle, Kernabstand variabel; Kerne rund mit Durchmessern von 1-1.5(2) μ m; keine siderophile Granula (Methode: Acetocarmin).

Verwendetes Material und Identifikation

Referenzbeleg; Direkte Verbindungen zwischen Fruchtkörpern und Mykorrhiza konnten nachgewiesen werden.

Mykorrhizen von Cortinarius odorifer in der Literatur

In der Literatur liegt keine Beschreibung der Mykorrhiza von Cortinarius odorifer vor. Die Arbeiten, die sich mit Mykorrhizen anderer Arten der Untergattung Phlegmacium beschäftigen sind bei Agerer (1988) ausführlich diskutiert und seien hier nur zusammengefaßt wiedergegeben: Melin&Nielsson (1954) C. glaucopus (Schff.:Fr) an Pinus silvestris- Luppi&Gautero (1967) C. multiformis Fr an Quercus petraea- Pachlewski&Pachlewska (1974) C. crassus Fr. an Pinus silvestris- Godbout&Fortin (1983) C. subporphyropus Pilat an Alnus crispa und an Populus tremuloides. Leider sind sämtliche genannten Beschreibungen zu unvollständig, um mit der hier gegebenen Beschreibung von C. odorifer verglichen werden zu können. Auch ist unter ihnen keine verwandte Art aus der Sekt. Scauri.

Abbildung 11.1

Cortinarius odorifer

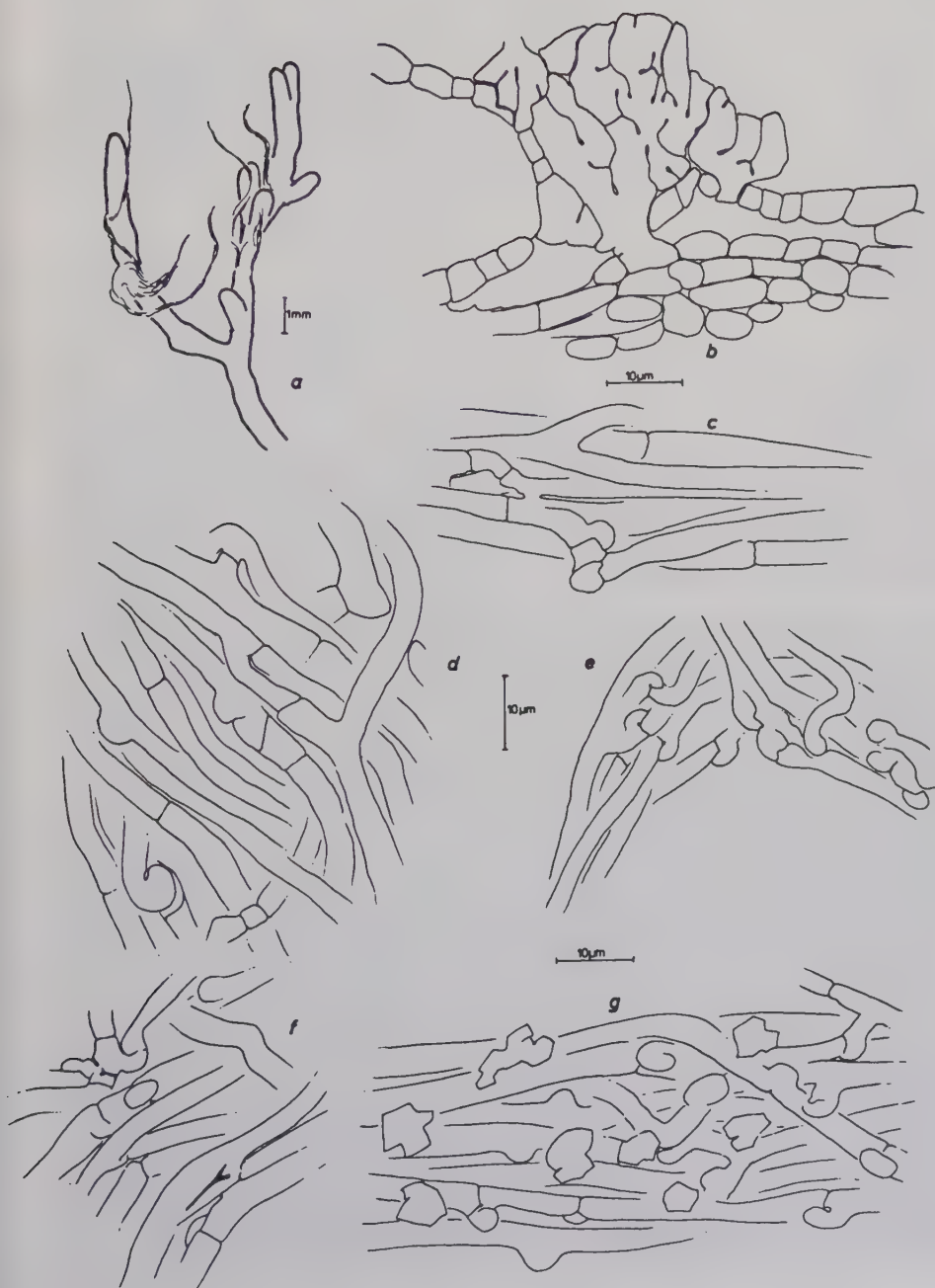


Abbildung 11.2

Cortinarius odorifer

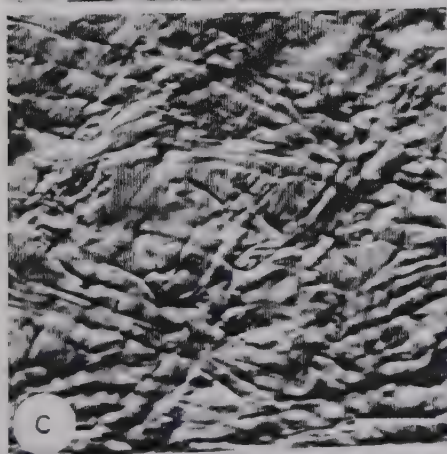
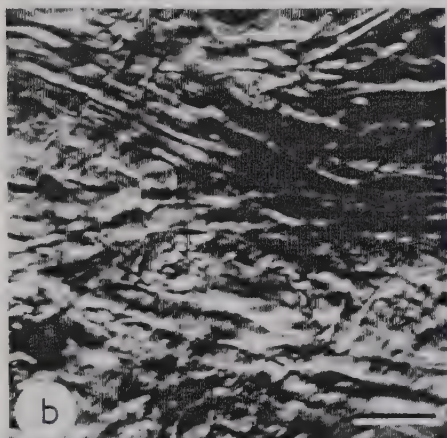
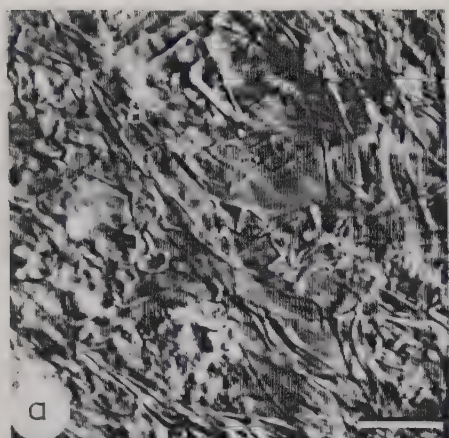


Abbildung 11.3

Cortinarius odorifer

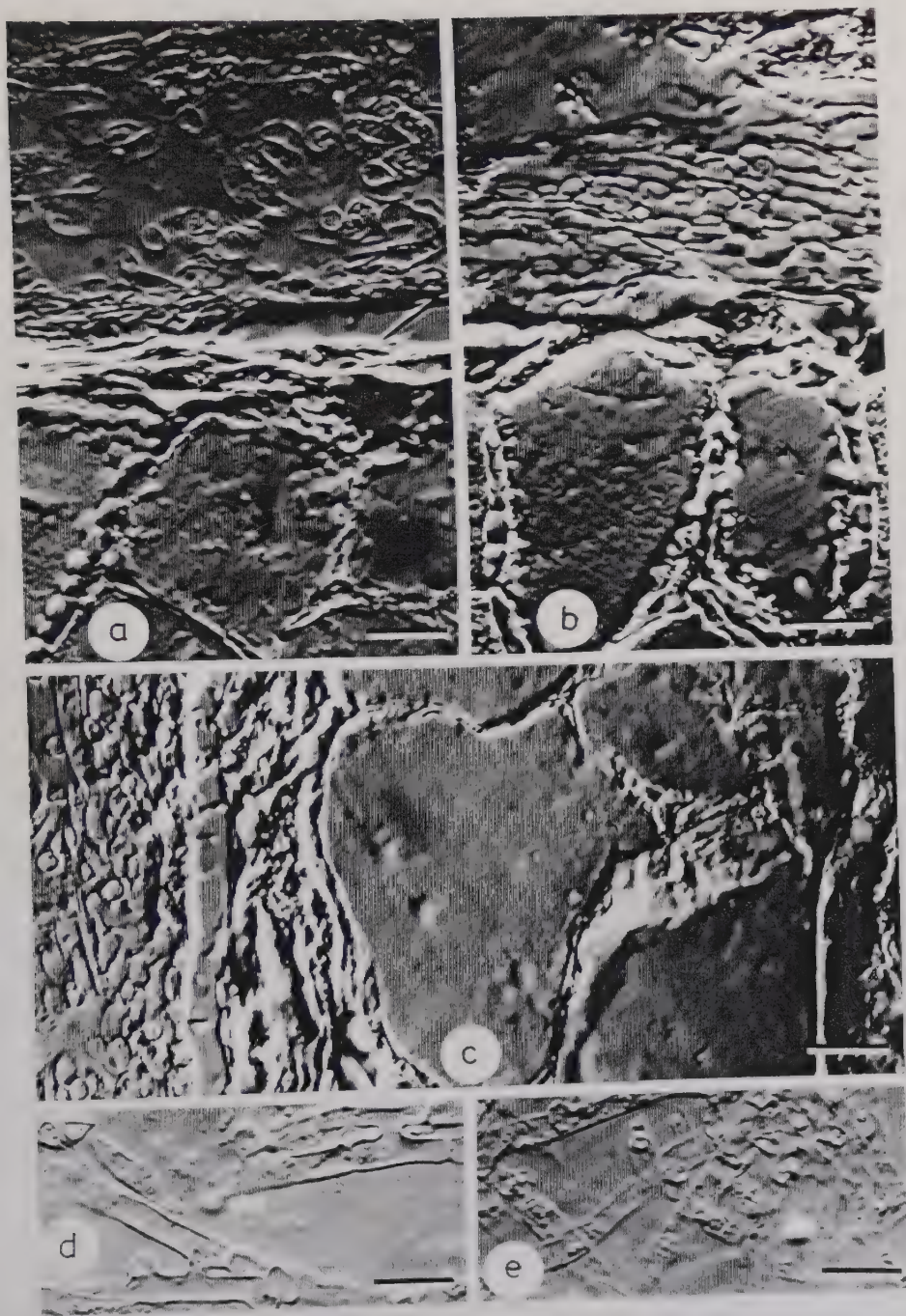


Abbildung 11.1

a) Habitus der Mykorrhiza von *Cortinarius odorifer* an *Pinus silvestris*; b) Hartigsches Netz in Aufsicht, Palmetti-Typ; c) jüngere Rhizomorphe, nicht inkrustiert; d) Mantelaufsicht; e) und f) abziehende Hyphen; g) ältere Rhizomorphe mit Ablagerungen. Alle Abbildungen von UM-D200.

Abbildung 11.2

a) Mantelaufsicht; b) Mantel, mittlere Schicht; c) Mantel, innere Schicht; d) Rhizomorphe; e) jüngere Rhizomorphe; Alle Abbildungen von UM-D200.

Abbildung 11.3

a)+b) Längsschnitt durch die Mykorrhiza mit Mantel, Tanninzellen, Rindenzellen und Hartigschem Netz; c) Querschnitt durch die Mykorrhiza; d) + e) abziehende Hyphen mit typischen Hyphenverbindungen (Anastomosen). Alle Abbildungen von UM-D200; Maßstab 10µm.

CORTINARIUS MALACHIUS Fr. (Abb. 12.1-12.4)**AN PINUS SILVESTRIS**

Referenzbeleg: Deutschland, Bayern, Garmisch-Partenkirchen, Mittenwald, an Pinus silvestris, leg. M. Uhl, 13.09.1986, Fruchtkörper UM-247 und Mykorrhizen UM-D190, in M.

Morphologie (Abb. 12.1.a)

Mykorrhizensystem bis zu 5cm lang und unregelmäßig gabelig verzweigt; unverzweigte Enden bis 1,2 mm lang und 0,4mm im Durchmesser; gerade bis geschlängelt; Oberfläche dicht strähnig; gelblich-weiß in allen Partien der Mykorrhiza; silbrig durch Lufteinschluß, nach Herausstreichen der Luft bräunlich; viele, gleichfarbige Rhizomorphen.

Anatomische Merkmale der Oberfläche

Mantelaufsicht (Abb. 12.2.b, 12.3.c) plectenchymatisch, locker verwoben, Hyphen 4-5µm im Durchmesser, allmählich in abziehende Hyphen übergehend; mittlere Schicht oft mit parallelem Hyphenverlauf (Abb. 12.1.c, 12.3.b); Zellwand unauffällig, Hypheninhalt und -wände leicht gelblich; Oberfläche an der Mykorrhizenspitze plectenchymatisch; keine Cystiden.

Mantelinnenansicht (Abb. 12.1.c, 12.2.c, 12.3.d.) sehr dicht plectenchymatisch; Hyphen verzweigt, 3-4µm im Durchmesser; keine regelmäßigen Muster erkennbar; Zellwand unauffällig.

Abziehende Hyphen (Abb. 12.1.b, 12.3.a) 4-4,5µm im Durchmesser; Zellwand unauffällig; Hyphen mit gelben Inkrustationen; Septen mit Schnallen.

Rhizomorphen (Abb. 12.2.d, 12.4.a+b) bis zu 80µm dick; parallel der Mykorrhizenoberfläche abziehend; Hyphen aus der Rhizomorphe ausfasernd; Hyphen dicht verwoben; Rhizomorphe differenziert: Zentralhyphen 6-8µm im Durchmesser; Septenabstand 40-80µm, Zellwand unauffällig; restliche Hyphen 3µm im Durchmesser, Septenabstand 40-60µm,

Zellwand unauffällig, mit gelben, aufsitzenden Kristallen; Anastomosen selten, keine Kontaktschnallen.

Anatomische Merkmale im Querschnitt (Abb. 12.4.c)

Mantel: Plectenchymatisch, 10-15µm dick; keine unterscheidbare Schichten, Hyphen tangential 5-20µm, radial 4-6µm;

Tanninzellen eine Reihe, unregelmäßig zusammengedrückt, mit konkaven Einbuchtungen; tangential 15-80(100)µm, radial 5-15µm, Tct = 39,5µm; TCq: 3,62.

Rindenzellen: 2-3 Reihen; Form unregelmäßig, tangential (15)20-60µm, radial 25-40µm, CCt = 39,2µm; CCq: 1,3;

Hartig'sches Netz: 3-4 Rindenzellenreihen tief; Hartig'sches Netz um die Tanninzellen 7-10µm dick, eine Hyphenreihe, Zellen oval; um die Rindenzellen: 3-5µm dick, eine Hyphenreihe, Zellen rundlich bis oval.

Anatomische Merkmale im Längsschnitt (Abb. 12.4.d)

Mantel 10-15µm dick; durchwegs plectenchymatisch; keine unterscheidbaren Schichten; Hyphen tangential 5-20µm, radial 3-5µm. Tanninzellen unregelmäßig zusammengedrückt, mit konkaven Einbuchtungen; tangential (20)40-80(100)µm, radial 5-15µm, Tct = 55µm; TCq: 5,2. Rindenzellen tangential-oval; tangential 40-100µm, radial 25-40µm, CCt = 65µm; CCq: 2,1. Hartig'sches Netz vom Palmetti-Typ mit 2-4µm breiten Lappen (Abb. 12.2.a, 12.4.d)

Farbreaktionen in verschiedenen Reagenzien

Anilin: Inkrustationen gelbbraun; Brilliant-Kresyl-Blau: Rhizomorphen flaschengrün, Mantel blau, nach Waschen mit Wasser Mantel und Rhizomorphen bläulich; Baumwollblau: --; Ethanol 70%: --; Guaiac: --; Eisensulfat: --; KOH 15%: Inkrustationen gelöst, Rindenzellen rotbraun; Melzer's Reagenz: bräunlich gelb; Phenol: --; Phenol-Anilin: Inkrustationen gelbbraun; Säure-Fuchsin: --; Sulfo-Vanillin: -.

Autofluoreszenz

Ganze Mykorrhiza UV 254nm:--; UV 366nm:--. Mantel: UVfilter(340-380nm): --; Blaufilter(450-490nm): gelb; Grünfilter:(530-560nm): --; Tanninzellen: UV-filter: --; Blaufilter: goldgelb; Grünfilter: --; abziehende Hyphen: UVfilter: --; Blaufilter: gelb; Grünfilter: --. Hartig-sches Netz: --.

Kernfärbung

wegen Materialmangel nicht durchgeführt.

Verwendetes Material und Identifikation

Referenzbeleg; Direkte Verbindungen zwischen Fruchtkörpern und Mykorrhiza konnten nachgewiesen werden.

Mykorrhizen von Cortinarius malachius in der Literatur

Es liegen keine Beschreibungen von Mykorrhizen dieser Art vor. Aus der Untergattung Sericeocybe sekt. Alboviolacei liegt die Beschreibung der Ektomykorrhiza von C. alboviolaceus von Voiry (1981) an Quercus robur vor. Danach ist diese Mykorrhiza weiß, bis 4mm lang, Seitenenden gewunden. Der Mantel ist 30µm dick, Hyphen inkrustiert, Plectenchym nach außen lockerer werdend. Die Ektomykorrhiza von C. alboviolaceus ist offenbar der hier beschriebenen von C. malachius bis auf die Farbe recht ähnlich, doch reichen die genannten Merkmale nicht aus, um die beiden Ektomykorrhizen deutlich voneinander abzugrenzen.

Abbildung 12.1

Cortinarius malachus

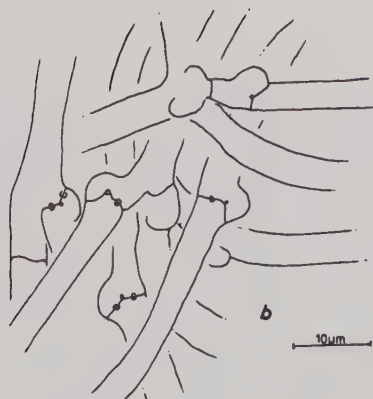
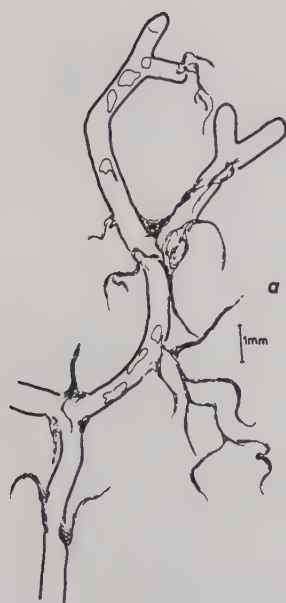


Abbildung 12.2

Cortinarius malachius

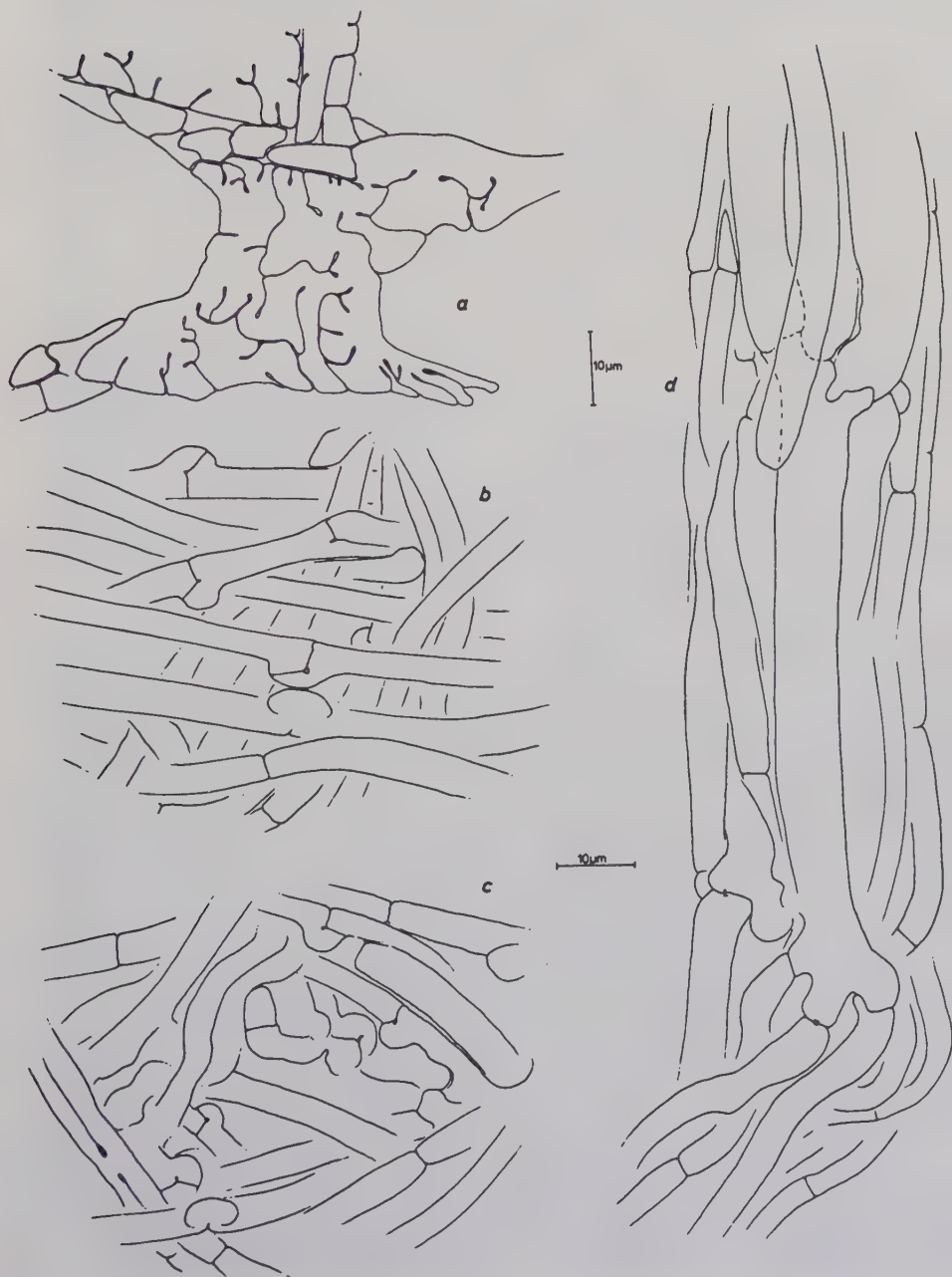
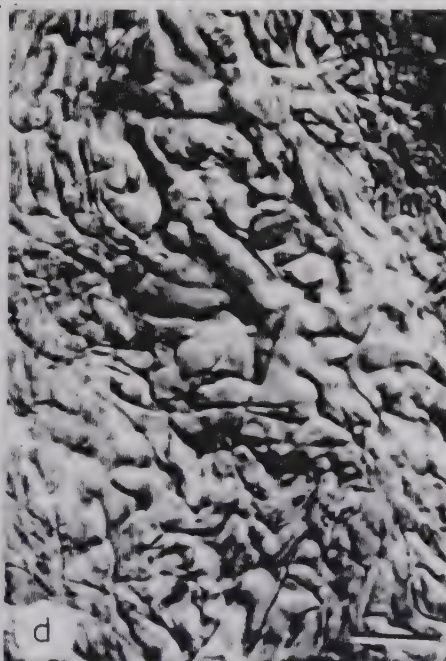
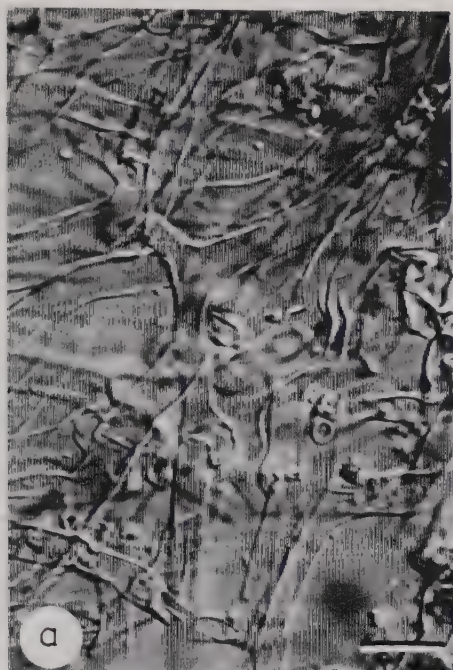


Abbildung 12.3

Cortinarius malachius



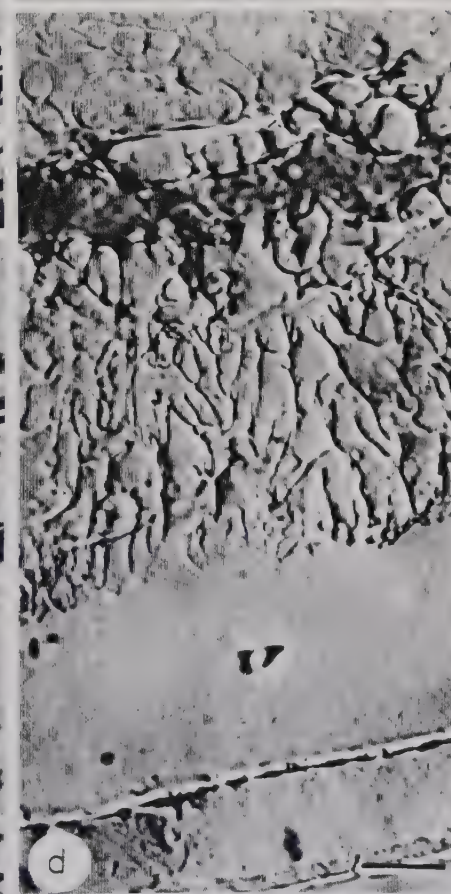
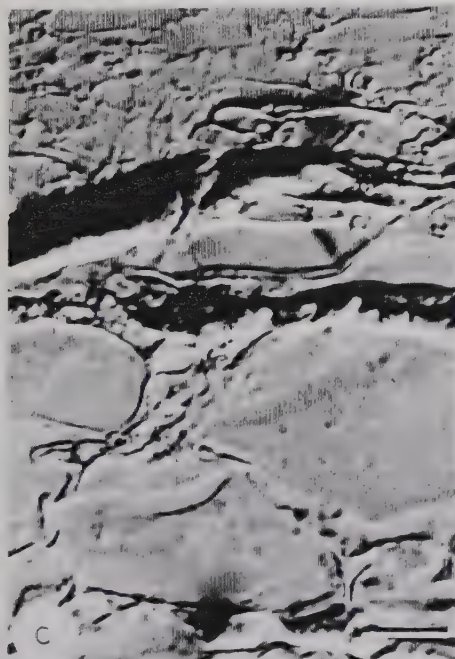
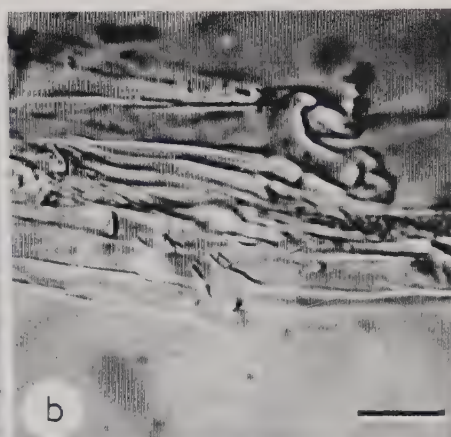


Abbildung 12.1

a) Habitus der Mykorrhiza von *Cortinarius malachius* an *Pinus silvestris*; Maßstab 1mm; b) abziehende Hyphen c) Mantel, mittlere (parallele Strukturen) und innere Schicht (gewundene und gebuchtete Hyphen); Alle Abbildungen von UM-D190.

Abbildung 12.2

a) Hartigsches Netz in Aufsicht, Palmetti-Typ; b) Mantelaufsicht; c) Manteldetail, mittlere und darunterliegende innere Schicht; d) Rhizomorphe im optischen Längsschnitt mit Zentralhyphe. Alle Abbildungen von UM-D190.

Abbildung 12.3

a) Mantelaufsicht; b) Mantel, mittlere Schicht mit parallel verlaufenden Hyphen; c) Mantelaufsicht d) Mantel, innere Schicht; Alle Abbildungen von UM-D190; Maßstab 10µm.

Abbildung 12.4

a) Zentralhyphe einer Rhizomorphe, durch Mazeration freigelegt; b) Rhizomorphe, Aufsicht; c) Querschnitt durch die Mykorrhiza mit Mantel, Wurzelhaubenresten, Tanninzellen, Rindenzellen und Hartigschem Netz; d) Längsschnitt durch die Mykorrhiza mit Mantel, Tanninzellen, Rindenzellen, Hartigschem Netz in Aufsicht-Palmetti-Typ. Alle Abbildungen von UM-D190; Maßstab 10µm.

CORTINARIUS spec. (ug P.D.Orton) (Abb. 13.1-13.4)

AN PINUS SILVESTRIS

Referenzbeleg: Deutschland, Bayern, Garmisch-Partenkirchen, Mittenwald, an Pinus silvestris, leg. M. Uhl, 18.09.1986, Fruchtkörper UM-250 und Mykorrhizen UM-D220, in M.

Morphologie (Abb. 13.1.a)

Mykorrhizensystem bis zu 5mm lang und gabelig verzweigt; unverzweigte Enden bis 2 mm lang und 0,4mm im Durchmesser; gerade bis leicht geschlängelt; Oberfläche dicht strähnig bis filzig; weiß; Rinde bräunlich durchscheinend.

Anatomische Merkmale der Oberfläche

Mantelaufsicht (Abb. 13.2.d, 13.3.a) plectenchymatisch, locker verwoben, Hyphen 4-5µm im Durchmesser, allmählich in abziehende Hyphen übergehend; mittlere Schicht oft mit parallelem Hyphenverlauf (Abb. 13.1.b, 13.3.b); Zellwand unauffällig, Hypheninhalt und -wände leicht gelblich; Oberfläche an der Mykorrhizenspitze plectenchymatisch; keine Cystiden; mittlere Mantelschicht mit parallelen Strukturen; Hyphen 4-5µm im Durchmesser (Abb. 13.1.b)

Mantelinnenansicht (Abb. 13.3.d) sehr dicht plectenchymatisch; Hyphen eng aneinanderliegend, zum Teil ausgebuchtet, 3-5µm breit; keine regelmäßigen Muster erkennbar; Zellwand durch Auflagerungen bis 1µm.

Abziehende Hyphen (Abb. 13.2.c) 4-5,5µm im Durchmesser; Septenabstand 30-50µm; Zellwand unauffällig; Hyphen ohne Inkrustationen; Hypheninhalt und -wände leicht gelb; Septen mit Schnallen.

Rhizomorphen (Abb. 13.2.b, 13.4.a+b) Bis zu 100µm dick; parallel der Mykorrhizenoberfläche abziehend; Hyphen aus der Rhizomorphe ausfasernd; Hyphen dicht verwoben; Hyphen 3-4µm im Durchmesser; Septenabstand 40-60µm; Zellwand bei allen Hyphen unauffällig; keine Anastomosen.

Anatomische Merkmale im Querschnitt (Abb. 13.4.d+e)

Mantel: Plectenchymatisch, 15-20µm dick; keine unterscheidbare Schichten, Hyphen tangential 2-4µm, radial 2-4µm;

Tanninzellen 1-2 Reihen, unregelmäßig zusammengedrückt, mit konkaven Einbuchtungen; tangential (10)20-60(70)µm, radial 5-15µm, TCt = 34,3µm; TCq: 4,2.

Rindenzellen: 3-4 Reihen; rundlich, tangential (15)25-50(60)µm, radial 25-50µm, CCt = 38,25µm; CCq: 1,2;

Hartigisches Netz: 3-4 Rindenzellenreihen tief; Hartigisches Netz um die Tanninzellen 3-5µm dick, eine Hyphenreihe, Zellen oval bis länglich; um die Rindenzellen: 2-3µm dick, eine Hyphenreihe, Zellen rund bis quaderförmig.

Anatomische Merkmale im Längsschnitt (Abb. 13.4.c)

Mantel 15-20µm dick; durchwegs plectenchymatisch; keine unterscheidbaren Schichten; Hyphen tangential 4-15µm, radial 2-4µm.

Tanninzellen unregelmäßig zusammengedrückt, mit konkaven Einbuchtungen; tangential (10)20-60(80)µm, radial 5-15µm, TCt= 30,8µm; TCq: 4,9.

Rindenzellen leicht tangential-oval; tangential (15)20-50µm, radial 25-50µm, CCt = 30,8µm; CCq: 0,9.

Hartigisches Netz vom Palmetti-typ mit 1-3µm breiten Lappen (Abb. 13.2.a, 13.4.e).

Farbreaktionen in verschiedenen Reagenzien

Anilin: --; Brillant-Kresyl-Blau: blau; nach Waschen mit Wasser: Ränder des Mantelstückes leicht violett; Baumwollblau: --; Ethanol 70%: --; Guaiac: --; Eisensulfat: --; KOH 15%: --; Melzer's Reagenz: --; Phenol: --; Phenol-Anilin: --; Säure-Fuchsin: --; Sulfo-Vanillin: --.

Autofluoreszenz

Ganze Mykorrhiza UV 254nm:--; UV 366nm:--. Mantel : keine Autofluoreszenz; Tanninzellen: UVfilter: --; Blaufilter: gelb; Grünfilter:--;

Kernfärbung

wegen Materialmangel nicht durchgeführt.

Verwendetes Material und Identifikation

Direkte Verbindungen zwischen Fruchtkörpern und Mykorrhiza konnten nachgewiesen werden.

Mykorrhizen von Vertretern der Untergattung Sericeocybe
in der Literatur

Die Literatur wurde bereits bei Cortinarius malachius diskutiert.

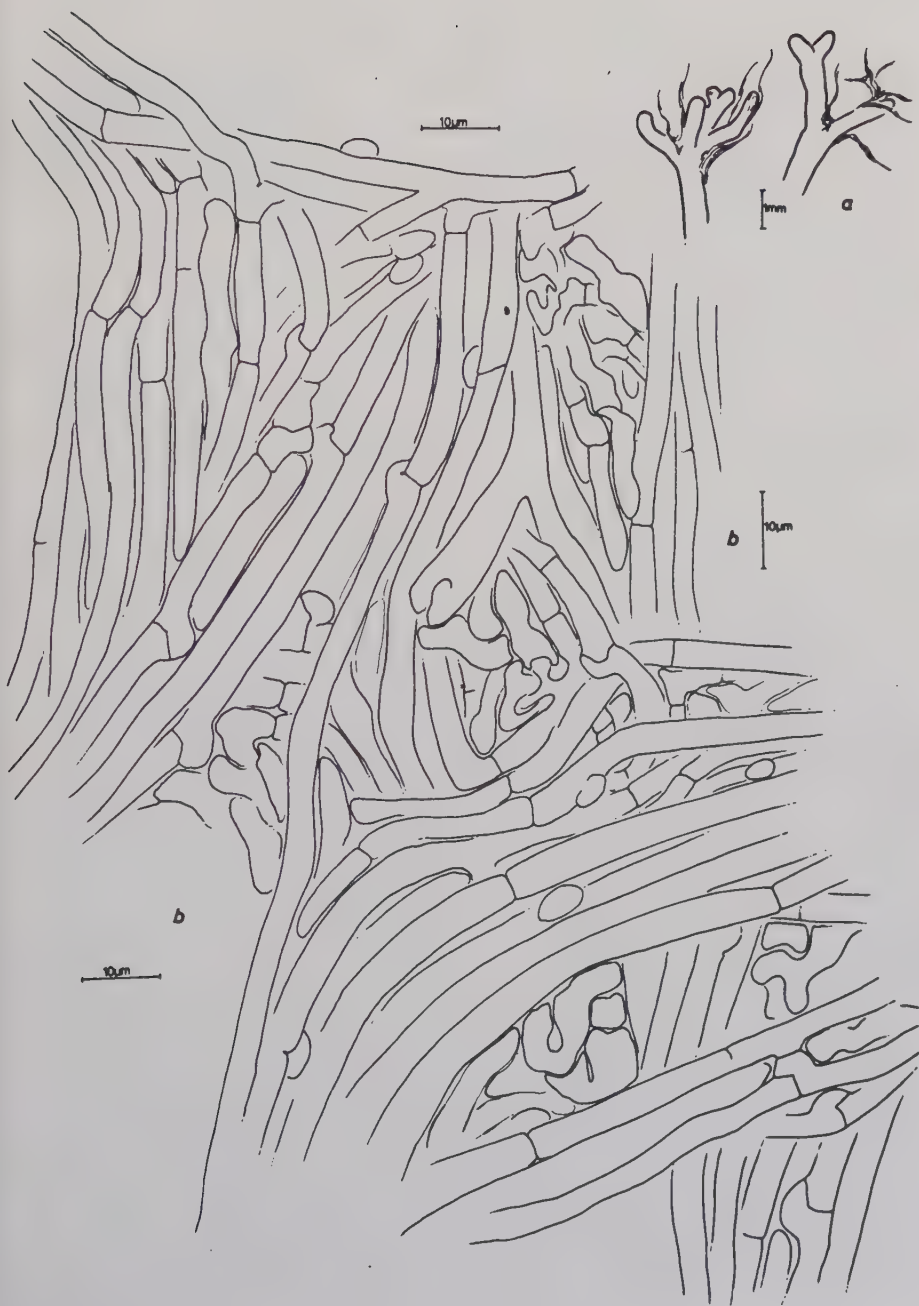
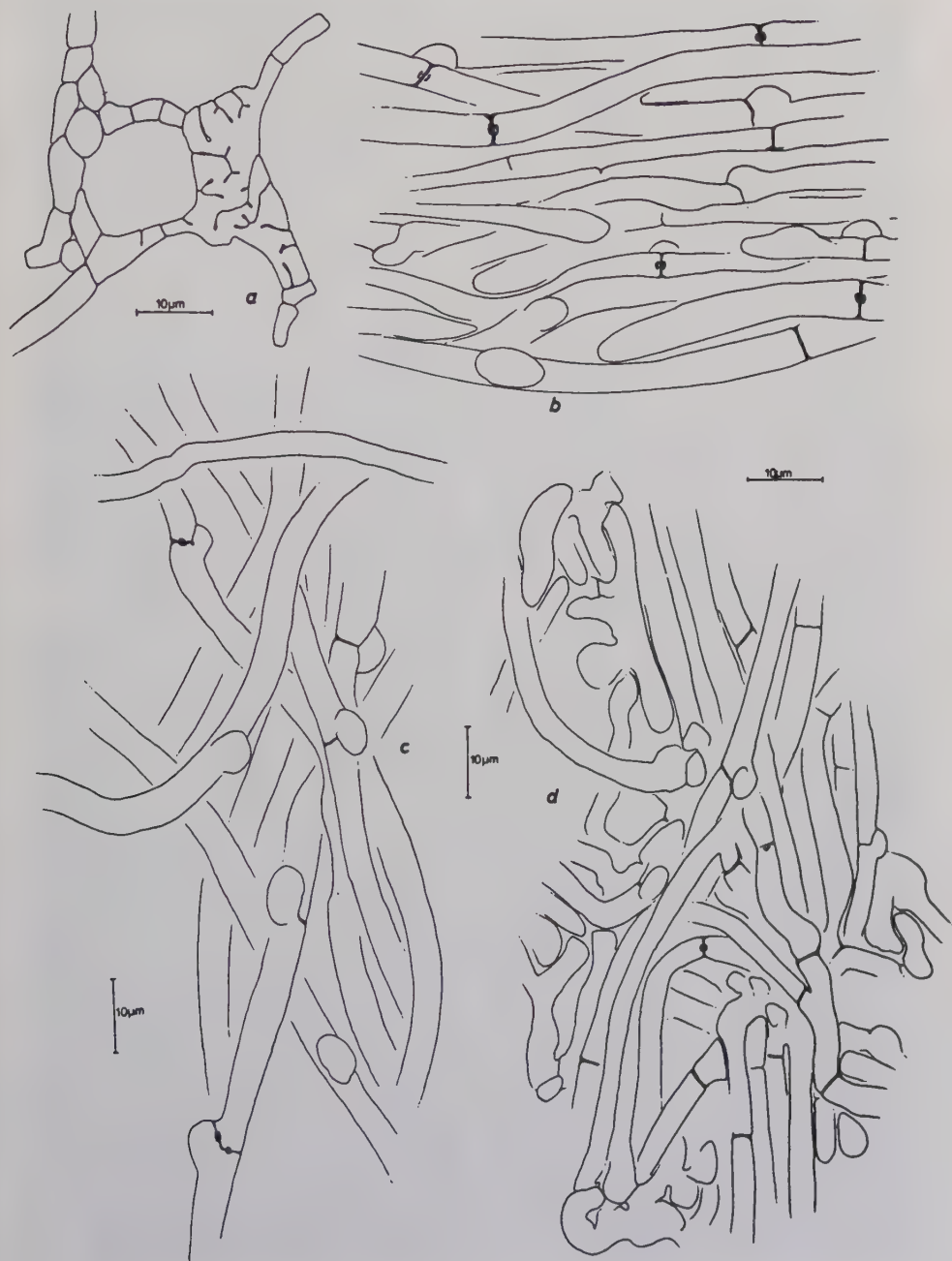
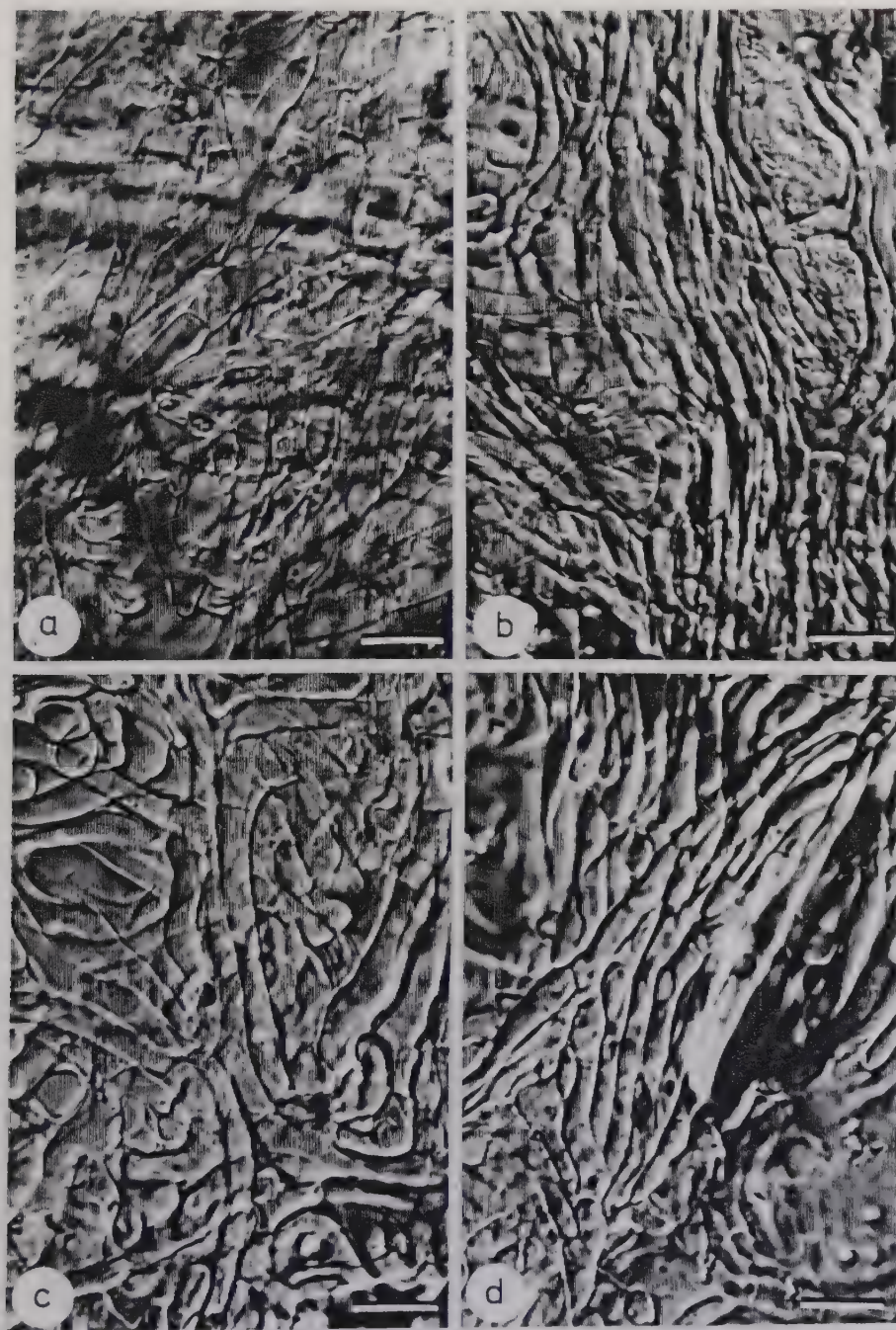


Abbildung 13.2

Cortinarius spec. ug Sericeocybe





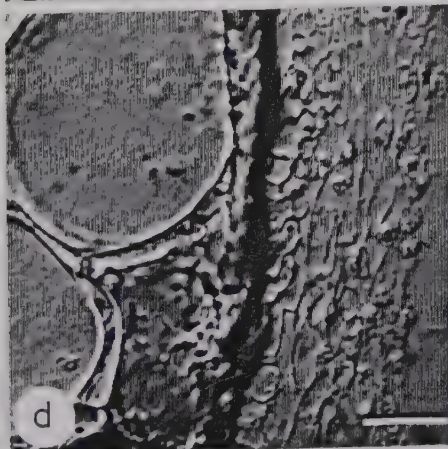
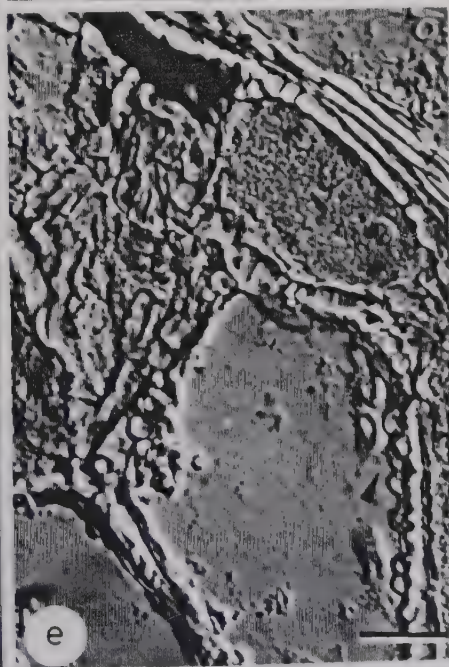
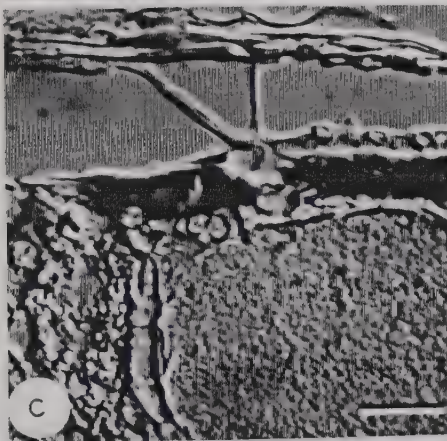
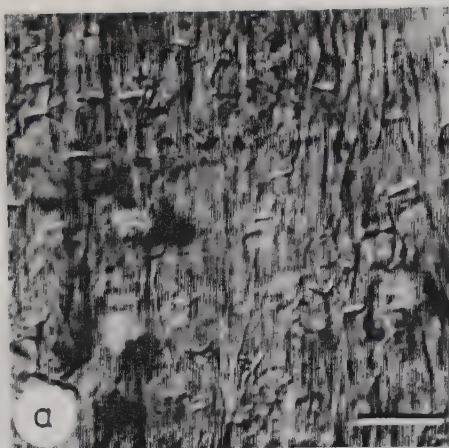


Abbildung 13.1

a) Habitus der Mykorrhiza von *Cortinarius spec. sct. Sericeocybe* an *Pinus silvestris*; b) Mantel, mittlere (parallele Strukturen) und innere Schicht (gewundene und gebuchtete Hyphen); Alle Abbildungen von UM-D220.

Abbildung 13.2

a) Hartigsches Netz in Aufsicht, Palmetti-Typ; b) Rhizomorphe; c) abziehende Hyphen; d) Mantelaufsicht; Alle Abbildungen von UM-D220;

Abbildung 13.3

a) Mantelaufsicht; b) Mantel, mittlere Schicht mit parallel verlaufenden Hyphen; c) Mantel, mittlere Schicht, etwa 5µm tiefer als b); d) Mantel, innere Schicht; Alle Abbildungen von UM-D220; Maßstab 10µm.

Abbildung 13.4

a) ältere Rhizomorphe; b) jüngere Rhizomorphe, optischer Längsschnitt; c) Längsschnitt durch die Mykorrhiza mit Wurzelhaubenresten, Tanninzellen, Rindenzellen und Hartigsches Netz; d) Querschnitt durch die Mykorrhiza mit Mantel, Tanninzellen, Rindenzellen, Hartigschem Netz; e) Querschnitt durch die Mykorrhiza mit Mantel, Tanninzellen, Rindenzellen, Hartigschem Netz z.T. im Schnitt, z.T. in Aufsicht - Palmetti-Typ-; Zellwände der Rindenzellen verdickt und kugelig nach innen ins Zellumen einbeult (Pfeil). Alle Abbildungen von UM-D220; Maßstab 10µm.

PINIRHIZA TORTUOSA ¹⁾ (Abb. 14.1-14.2)

AN PINUS SILVESTRIS

Referenzbeleg: Deutschland, Bayern, Kelheim, Siegenburg, Kiefernwald, an Pinus silvestris, leg. M. Uhl, 23.9.1986, Mykorrhiza UM-D70, in M.

Morphologie (Abb. 14.1.a)

Mykorrhizensystem bis zu 5mm lang und unregelmäßig gabelig verzweigt; unverzweigte Enden bis 2 mm lang und 0,4mm im Durchmesser; geschlängelt; Oberfläche dicht strähnig; weiß in allen Partien der Mykorrhiza; silbrig durch Lufteinschluß, nach Herausstreichen der Luft bräunlich.

Anatomische Merkmale der Oberfläche

Mantelaufsicht (Abb. 14.1.b, 14.2.a) plectenchymatisch, locker verwoben, Hyphen 4-5µm im Durchmesser, allmählich in abziehende Hyphen übergehend; Zellwand unauffällig, Hypheninhalt und -wände leicht gelblich; keine Cystiden; in tieferer Schicht zunehmend dichter plectenchymatisch; mit parallelen (Abb. 14.2.b) und zum Teil sternförmigen Mantelstrukturen (Abb. 14.1.c);

Mantelinnenansicht: sehr dicht plectenchymatisch (Abb. 14.1.f, 14.2.c) mit gewunden wachsenden Hyphen (14.1.f); Hyphen 3-4µm im Durchmesser;

Abziehende Hyphen (Abb. 14.1.e, 14.2.d) 3,5-4µm im Durchmesser; Zellwand unauffällig; Hyphen glatt; Septen mit Schnallen; Konatakschnallen vorhanden.

Rhizomorphen (Abb. 14.1.d) bis zu 100µm dick; manche abgeplattet; parallel zur Mykorrhizenoberfläche abziehend; weiß; Hyphen aus der Rhizomorphe ausfasernd; Hyphen dicht verwoben; Rhizomorphe nicht differenziert; Hyphen 3-5µm im Durchmesser; Septenabstand 50-70µm, Zellwand unauffällig; nicht alle Septen mit Schnallen; Anastomosen selten, Kontaktsepten nur wenige, Kontaktschnallen häufig.

¹⁾tortuosa=gewunden

Anatomische Merkmale im Querschnitt (Abb. 14.2.f)

Mantel: Plectenchymatisch, 5-20µm dick; keine unterscheidbare Schichten Hyphen tangential 5-20µm, radial 3-4(5)µm;

Tanninzellen eine Reihe, unregelmäßig zusammengedrückt, mit konkaven Einbuchtungen; tangential 10-35(40)µm, radial 5-15µm, TCt= 22µm; TCq: 2,47.

Rindenzellen: 3 Reihen; Form rundlich; tangential (15)30-55(65)µm, radial (10)20-30(35)µm, CCt = 39µm; CCq: 1,63;

Hartigisches Netz: 3-4 Rindenzellenreihen tief; Hartigisches Netz um die Tanninzellen 3-4µm dick, eine Hyphenreihe, Zellen rundlich bis quaderförmig; um die Rindenzellen: 3-4(6)µm dick, eine Hyphenreihe, Zellen rundlich bis quaderförmig; mit kugelförmigen Einstülpungen des Hartigischen Netzes in das Zellumen der Rindenzellen (Abb. 14.2.f') und intrazellulären Infektionen (Abb. 14.2.f).

Anatomische Merkmale im Längsschnitt (Abb. 14.2.g)

Mantel 5-20µm dick; durchwegs plectenchymatisch; keine unterscheidbaren Schichten; Hyphen tangential 4-15µm, radial 3-5µm.

Tanninzellen unregelmäßig zusammengedrückt, mit konkaven Einbuchtungen; tangential (10)20-40µm, radial 5-15µm, TCt = 25,5µm; TCq: 2,9.

Rindenzellen tangentialoval; tangential 15-40µm, radial (10)20-30(35)µm, CCt = 29,1µm; CCq: 1,2.

Hartigisches Netz vom Palmetti-Typ mit 1,5-3,5(4)µm breiten Loben (Abb. 14.2.e).

Farbreaktionen in verschiedenen Reagenzien

Anilin: --; Brilliant-Kresyl-Blau: Mantel blau, nach Waschen mit Wasser Mantel blau; Baumwollblau: --; Ethanol 70%: --; Guaiac: --; Eisensulfat: --; KOH 15%: --; Melzer's Reagenz: --; Phenol: --; Phenol-Anilin: Inkrustationen gelbbraun; Säure-Fuchsin: --; Sulfo-Vanillin:--.

Autofluoreszenz

Ganze Mykorrhiza UV 254nm:--; UV 366nm:--. Mantel und andere Mykorrhizenteile: UV-filter(340-380nm): --; Blau-filter(450-490nm): --; Grünfilter:(530-560nm): --;

Kernfärbung

2 Kerne pro Zelle, Kernabstand variabel zwischen 5 und 20µm; Kerne rund mit Durchmessern von 1.5-2µm; keine siderophilen Granula (Methode: Acetocarmin).

Verwendetes Material

Referenzbeleg.

Diskussion

Die oben beschriebene Mykorrhiza wurde zwar unter Cortinarius mucosus gefunden, doch konnte keine Hyphenverbindung zwischen Fruchtkörper und Mykorrhiza nachgewiesen werden. Dies führte zu einer Benennung als unidentifizierte Mykorrhiza, obwohl einige Merkmale durchaus auf Cortinarius hinweisen.

Zum einen ist Cortinarius mucosus ein Kiefernbegleiter, zum anderen sprechen folgende anatomischen Merkmale dafür: Der Habitus zeigt den für die Gruppe der Cortinarien und Dermocyben typischen, schlecht erkennbaren gelblichen Wuchs und die gebogenen bis gewundenen Seitenenden.

Auch die abziehenden Hyphen mit Kontaktschnallen passen in dieses Bild. Die zwar nicht sehr ausgeprägten, doch vorhandenen parallelen Strukturen im Mantel, die ein grobmaschiges Netz unter der lockeren äußersten Mantelschicht bilden, deutet zwar nicht nur auf Cortinarius, doch erhärtet auch dieses Merkmal, das bei Mykorrhizen der Gattung Cortinarius bereits öfters beobachtet wurde die Vermutung(Agerer 1988;und siehe Cortinarius malachius, S.109 und C. odorifer S.103 in dieser Arbeit). Ebenfalls typisch für die Gruppe Cortinarius und Dermocybe ist das Vorkommen von Kontaktschnallen. Diese wurden bis jetzt bei allen Dermocybemykorrhizen (Uhl & Agerer, 1987; Agerer, 1987a; siehe Dermocybe crocea, D. holoxantha, D. semisanguinea in dieser Arbeit), aber auch bei Mykorrhizen aus der Gattung Cortinarius (Agerer,

1987c+1988) gefunden, allerdings bis jetzt nur in den Untergattungen Telamomia und Leprocyebe. C. mucosus gehört zur Untergattung Myxadium, und aus dieser Untergattung ist bislang noch keine Ektomykorrhiza sorgfältig charakterisiert.

Ungewöhnlich ist jedoch das Auftreten von Kontaktsepten. Diese konnten bis jetzt erst bei der Mykorrhizen aus der Gattung Tricholoma beobachtet werden (T. flavobrunneum, siehe diese Arbeit S. 33; T. aurantium, siehe diese Arbeit S.41). Doch bestehen ja auch zwischen den Gattungen Tricholoma und Cortinarius Verwandtschaftsbeziehungen, wie Høiland (1983) andeutet.

Die gefundenen Merkmale unterstützen zwar zum Teil eine Deutung in Richtung Cortinarius, doch gibt es auch genügend Hinweise auf andere Gattungen. Dies macht sehr deutlich, daß Habitusmerkmale und örtliche Nähe zum Fruchtkörper noch keine hinreichende Identifizierung ermöglichen. Vielmehr kann auch diese Mykorrhiza trotz der hohen Wahrscheinlichkeit erst durch den Nachweis einer tatsächlichen Hyphenverbindung identifiziert werden.

Die von Melin (1924) gegebene Beschreibung der Ektomykorrhiza von C. mucosus an Pinus montana ist sehr unvollständig und kann daher einen Vergleich oder gar eine Identifizierung durch Analogie nicht ermöglichen.

Abbildung 14.1

Pinirhiza tortuosa

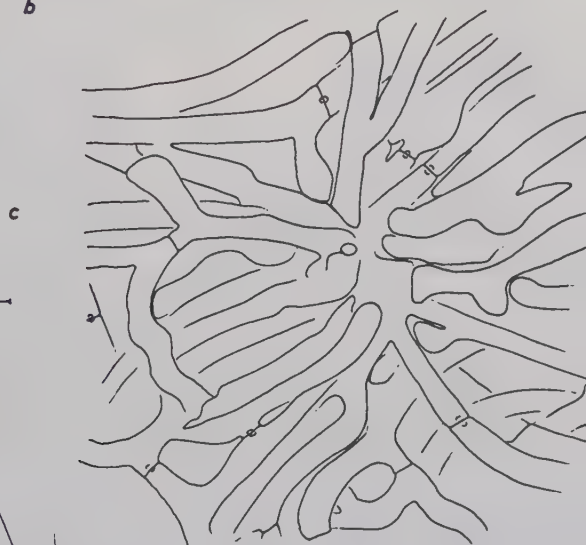


Abbildung 14.2

Pinirhiza tortuosa

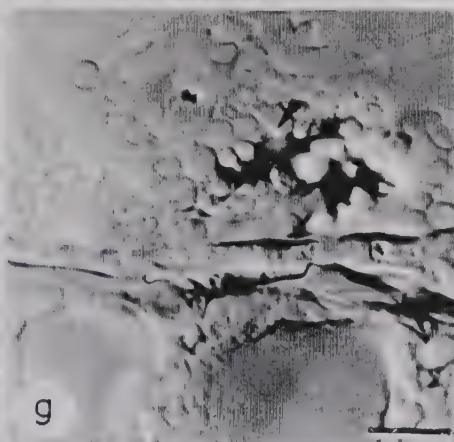
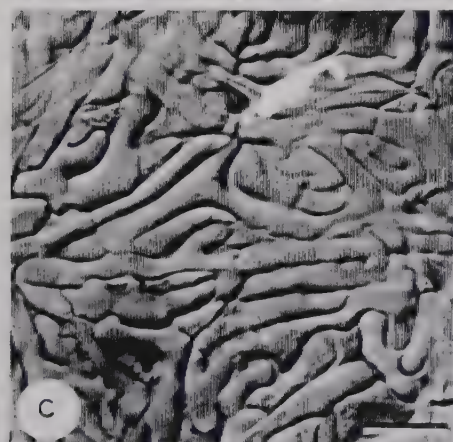
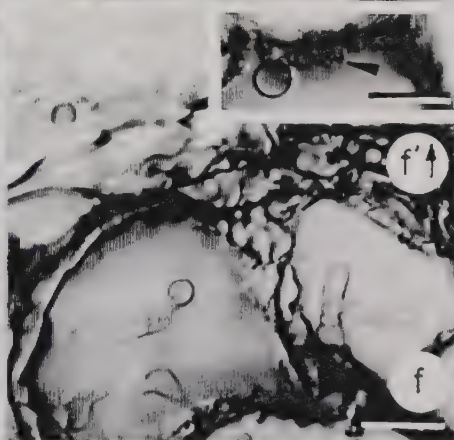
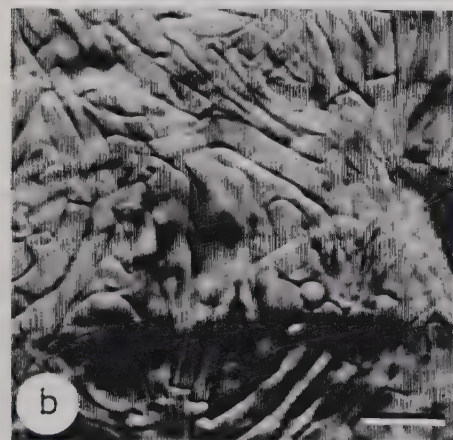
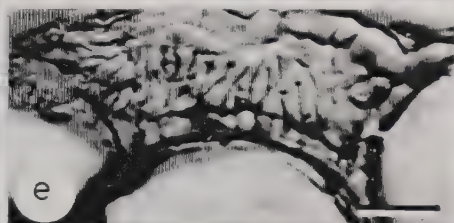
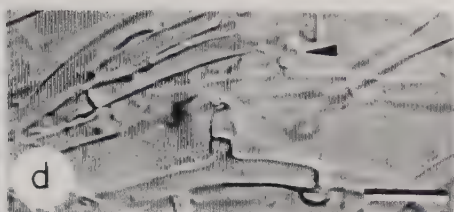
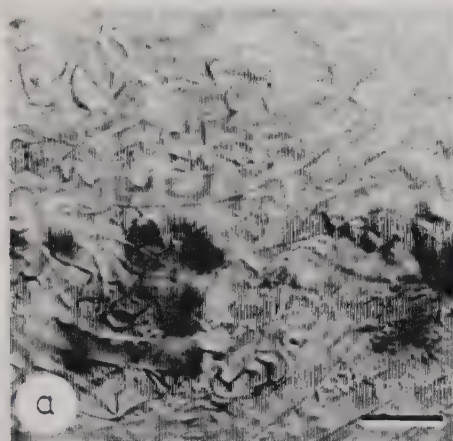


Abbildung 14.1

a) Habitus der Mykorrhiza von *Pinirhiza tortuosa* und *Pinus silvestris*; b) Mantelaufsicht; c) Mantel, mittlere Schicht; d) Rhizomorphe mit Kontaktschnallen; e) abziehende Hyphen; f) Mantelunterseite; punktiert: teilweise sichtbare Oberflächen der Tanninzellen. Alle Abb. von UM-D70.

Abbildung 14.2

a) Mantelaufsicht; b) Mantel, mittlere Schicht; c) Mantel, innere Schicht; d) abziehende Hyphen mit -Typischen Hyphenverbindungen (Kontaktschnallen); e) Aufsicht auf das Hartigsche Netz -Palmetti-Typ; f) Querschnitt durch die Mykorrhiza mit Mantel, Tanninzellen und Rindenzellen mit intrazellulären Hyphen und Hartigschem Netz; f') Hypheneinstülpungen ins Rindenzellenlumen; g) Längsschnitt durch die Mykorrhiza mit Mantel, Tanninzellen (teilweise in den Mantel abgedrängt, siehe Pfeil) Rindenzellen und Hartigsches Netz. Alle Abb. von UM-D70; Maßstab 10µm.

4. Ektomykorrhizen aus der Gattung Amanita

AMANITA MUSCARIA (L. ex Fr.) Hooker (Abb. 15.1-15.4)

AN PINUS SILVESTRIS

Referenzbeleg: Deutschland, Bayern, Kelheim, Siegenburg an Pinus silvestris, leg. M. Uhl, 23.09.1986, Fruchtkörper UM-191 und Mykorrhizen UM-D100, in M.

Morphologie (Abb. 15.1.a)

Mykorrhizensystem bis zu 3mm lang und gabelig verzweigt; unverzweigte Enden bis 1 mm lang und 0,4-0,5mm im Durchmesser; Form gerade; Oberfläche dicht strähnig; weiß; silbrig durch Lufteinschluß; nach herausstreichen der Luft stellenweise bräunlich.

Anatomische Merkmale der Oberfläche

Mantelaufsicht (Abb. 15.1.d, 15.1.c, 15.3.a) plectenchymatisch netzartig durch mehrfach verzweigte Zellen, Hyphen 4,5-5µm im Durchmesser; Abschnitte mit parallelem Hyphenverlauf; Zellwand unauffällig, Hypheninhalt und -wände leicht gelblich; Mykorrhizenspitze pseudoparenchymatisch (vielfach gewundene und gebuchtete Zellen) mit Übergang zu plectenchymatischer Mantelstruktur (Hyphen, z.T. mehrfach verzweigt) (Abb. 15.1.b, 15.1.c, 15.3.d+e); keine Cystiden; Hyphen 2-3µm breit; Zellwand bis 1µm dick. Tiefer liegende Schichten dichter plectenchymatisch als Mantelaufsicht, Hyphen langgestreckt und z.T. gebuchtet, Durchmesser 4-4,5µm, Zellwand 0.5µm (Abb. 15.1.c, 15.3.b). Mantelinnenansicht (Abb. 15.3.c) sehr dicht plectenchymatisch; Hyphen eng aneinanderliegend, ausgebuchtet, 3-5µm breit; keine regelmäßigen Muster erkennbar; Zellwand bis 1µm; ähnlich Mykorrhizenspitze.

Abziehende Hyphen (Abb. 15.2.b, 15.3.f) 3-4µm im Durchmesser; Zellwand unauffällig, in Septennähe bis 0,5µm, Doliporusähnliche Strukturen stets sehr deutlich; Hyphen ohne Inkrustationen; Hypheninhalt und -wände leicht gelb; ohne Schnallen.

Rhizomorphen (Abb. 15.2.a, 15.4.b) Bis zu 50µm dick; oft vom unteren Ende der Mykorrhiza abziehend; Hyphen dicht ineinander verwoben; Rhizomorphe differenziert: Zentralhyphen 6µm im Durchmesser, Septenabstand 80-100µm, mit verdickten Septen, Zellwand bis 0,5µm; restliche Hyphen 2-4µm im Durchmesser, Septenabstand 40-60µm, Zellwand unauffällig.

Anatomische Merkmale im Querschnitt (Abb. 15.4.c)

Mantel: Plectenchymatisch, 10-35µm dick; innere Schicht dicht plectenchymatisch, Hyphen tangential 4-15µm, radial 4-8µm; äußere Schicht locker plectenchymatisch, Hyphen tangential 6-20µm, radial 3-5µm;

Tanninzellen eine Reihe, unregelmäßig zusammengedrückt, mit konkaven Einbuchtungen; tangential 25-50(60)µm, radial 5-15µm, TCt = 38,5µm; TCq: 5,2.

Rindenzellen: 3-4 Reihen; rundlich, tangential 25-65µm, radial 30-70µm, CCT = 43µm; CCq: 0,88.

Hartigches Netz: 3-4 Rindenzellenreihen tief; Hartig-sches Netz um die Tanninzellen 5-7µm dick, 1-2 Hyphenreihen, Zellen rund; um die Rindenzellen: 5-6µm dick, eine Hyphenreihe, Zellen rund bis quaderförmig.

Anatomische Merkmale im Längsschnitt (Abb. 15.4.a)

Mantel 10-35µm dick; plectenchymatisch; Schichtung siehe Querschnitt; äußere Hyphen tangential 5-20µm, radial 3-5µm.

Tanninzellen unregelmäßig zusammengedrückt, mit konkaven Einbuchtungen; z.T. überlappend; tangential (30)40-60µm, radial 5-15µm, TCt= 51,2µm; TCq: 6,9.

Rindenzellen rund bis radial-oval; tangential 30-80µm, radial 30-70µm, CCT = 43,6µm; CCq: 0,9.

Hartigches Netz vom Palmetti-Typ mit gedrunge-nen, bis 5µm breiten Loben (Abb. 15.1.e).

Farbreaktionen in verschiedenen Reagenzien

Anilin: --; Brillant-Kresyl-Blau: blau; nach Waschen mit Wasser: Ränder des Mantelstückes leicht violett; Baumwollblau: --; Ethanol 70%: --; Guaiac: --; Eisensulfat: --; KOH 15%: --; Melzer's Reagenz: --; Phenol: --; Phe-

nol-Anilin: --; Säure-Fuchsin: --; Sulfo-Vanillin: --;

Autofluoreszenz

Ganze Mykorrhiza: --; UV 366nm:--. Mantel : UVfilter(340-380nm): --; Blaufilter(450-490nm): leicht gelblich; Grünfilter:(530-560nm): --; Tanninzellen: UVfilter: --; Blaufilter: rötlich; Grünfilter: --; abziehende Hyphen: UV-filter: --; Blaufilter: --; Grünfilter: --. Hartigsches Netz: UV-Filter: schwach bläulich; Blaufilter: gelbgrünlich; Grünfilter: --;

Kernfärbung

2 Kerne (sehr selten 3) pro Zelle, paarweise stehend bis unregelmäßig entfernt; Kerne rund bis oval mit Durchmessern 1,5 bis 3µm; keine siderophile Granulation (Methode: Acetocarmin) (Abb. 15.2.b).

Verwendetes Material und Identifikation

Referenzbeleg; Direkte Verbindungen zwischen Fruchtkörpern und Mykorrhiza konnten nachgewiesen werden.

Mykorrhizen von Amanita muscaria in der Literatur

Suggs & Grand (1972) synthetisierten die Mykorrhiza von Amanita muscaria an Pinus serotina. Sie wird als weiß, gabelig, 1.4-3.6mm lang, 0.2-0.5mm im Durchmesser beschrieben; viele, weiße, 160-240µm dicke verzweigte und differenzierte Rhizomorphen, die der Wurzel anliegen; Mantel 8-133 (sic) µm dick, Hyphen 3-8µm im Durchmesser; Hartigsches Netz 3-5µm stark; Schnallen an abziehenden Hyphen. Die extreme Manteldicke von bis 133µm deutet wieder auf die naturfremden Synthesebedingungen (siehe Duddridge & Read a,b+c) hin.

Riffle (1973) beschreibt u.a. die synthetisierte Mykorrhiza von A. muscaria an Pinus ponderosa als weiß, wenig filzig, ohne (sic) Rhizomorphen, 1.2-5.2mm lang, 0.2-0.5mm im Durchmesser, einfach verzweigt bis coralloid; Mantel sehr dicht verwoben, 11-72µm dick, Mantelhyphen dünnwandig, 1.2-4.2µm im Durchmesser, einfache Septen; Hartigsches Netz 1-2 Rindenzellenschichten tief, Hyphen 1.7-4.7µm im Durchmesser; Rindenzellen außen 12-31.7µm

innen 16.4-33.8µm im Durchmesser.

Das Fehlen der Rhizomorphen stellt wohl einen Artefakt der Synthese-Bedingungen dar.

Giltrap (1979) beschreibt u.a. die synthetisierte Mykorrhiza von Amanita muscaria an Betula pendula. Die Mykorrhiza sei orangeweiß bis grauorange, die Oberfläche von rauher Textur, ohne anhaftendes Mycel, einfach bis ramiform verzweigt, 0.3-6.5mm lang, 0.3-0.52µm im Durchmesser; Der Mantel sei unregelmäßig entwickelt, 15-60µm dick, kompakt prosechymatisch, manchmal parenchymatisch wirkend; lockere, glatte Hyphen abziehend; Hartigsches Netz mit Hyphendurchmessern von 1.5-3.5µm; ohne intrazelluläre Infektionen.

Die angegebene Farbe der Mykorrhiza kann nicht bestätigt werden. In keinem Teil war die hier beschriebenen Mykorrhiza orangeweiß oder grauorange. Da die anderen genannten Merkmale in etwa mit der hier gegebenen Beschreibung übereinstimmen, wäre zu prüfen, ob die unterschiedliche Wirtsart oder die Synthesebedingungen für die abweichende Farbe verantwortlich sein könnten. Es wäre auch möglich, daß die Färbung sich im Laufe der Entwicklung der Mykorrhiza verändert.

Godbout & Fortin (1985b) heben die Gemeinsamkeiten von Mykorrhizen einer Pilzgattung heraus und erwähnen dabei auch die synthetisierte Mykorrhiza von Amanita muscaria und anderer Amanita-Ektomykorrhizen. Als gemeinsam erkennen sie weiße, differenzierte Rizomorphen; manchmal mit schwach entwickeltem Mycel; keine Schnallen; Mykorrhizen zumindest jung weiß mit samtiger bis haariger Oberfläche; Mantel relativ dick und aus fast runden bis zelligen, bisweilen gelappten und verkürzten Zellen zusammengesetzt. Das Hartigsche Netz war para- bis periepidermal; Epidermiszellen verlängert. Die beiden Isolate von Amanita muscaria zeigten als Besonderheit 2.5x35µm große, abstehende, cystidenähnliche septierte und manchmal verzweigte Hyphen.

Die Beschreibung kann aufgrund der Mantelanatomie und dem Vorkommen abstehender, cystidenähnlicher Hyphen

nicht bestätigt werden.

Łachlewski & Pachlewska (1974) beschreiben u.a. die synthetisierte Mykorrhiza von Amanita muscaria an Pinus silvestris. Im Jugendstadium sei die Mykorrhiza schneeweiß, wobei die äußersten Spitzen erst sekundär von einem Mantel umgeben werden. Die älteren Mykorrhizen sind creme-weiß mit rauher Oberfläche, zum Teil leicht glänzend und feinfilzig; Mantel differenziert, meist locker prosenchymatisch bis pseudoparenchymatisch, dann mit kleinen, stark abgeflachten Zellen, die im juvenilen Zustand allerdings ziemlich groß und unregelmäßig erscheinen. Mantel 30-40µm dick. Hartigsches Netz gut entwickelt, etwa zwei Rindenzellenschichten tief; äußerste Rindenzellenschicht bisweilen mehrschichtig von Hartigschem Netz umgeben, das die Rindenzellen oft weit auseinander drückt, besonders in älteren Mykorrhizen.

Die Beobachtungen können bestätigt werden. Besonders hervorzuheben ist die Beobachtung, daß die Mykorrhizenspitzen erst sekundär von dem weißen, prosenchymatischen Mantel umhüllt werden. Dies deckt sich mit der hier gemachten Beobachtung, daß die Spitzen der Mykorrhiza einen sehr dünnen, farblosen, pseudoparenchymatischen Mantel haben, der als innerste Schicht auch noch in älteren Mantelpartien nachweisbar ist.

Bei Giltrap (1979) und Godbout&Fortin (1984) haben sich, unter Berücksichtigung der Beobachtungen von Pachlewska & Pachlewska und der hier gegebenen Beschreibung, vermutlich die Synthesebedingungen auf den Habitus der Ektomykorrhiza ausgewirkt.

Dies zeigt die Probleme des Identifizierens von Mykorrhizen über Syntheseexperimente. Bei Syntheseversuchen entstehen manchmal mit einheitlichem Inokulum sogar mehrere verschiedene Ektomykorrhizen (Giltrap 1983). Welche man dann dem verwendeten Pilzmateriail zuordnet, kann ohne Daten von Freilandbeschreibungen nicht entschieden werden.

Kottke (1986) gibt u.a. kurze Beschreibungen der Ektomykorrhiza von Amanita muscaria an Picea abies vom Freiland und von A. muscaria und A. rubescens an Pinus sylvestris aus Syntheseexperimenten. Die angegebene Manteldicke ist für die synthetisierten Ektomykorrhizen erheblich dicker als die hier gefundene. Dies könnte man auf die Synthesebedingungen zurückführen, wie auch die Autorin in der Diskussion einräumt. Auch die Art der Schichtung des Mantels und das Vorkommen von Schnallen bei den abziehenden Hyphen kann durch die hier vorgelegte Beschreibung nicht bestätigt werden. Leider sind die Angaben zu der aus dem Freiland beschriebenen Ektomykorrhiza von A. muscaria an Picea abies zu unvollständig, um einen eingehenden Vergleich zu ermöglichen.

Viele aus der Literatur bekannten Beobachtungen können bestätigt werden. So die besondere Schichtung des Mantels (Pachlewski&Pachlewska 1974), die differenzierten Rhizomorphen (Suggs&Grand 1972; Godbout&Fortin 1984), die Farbe Weiß (Suggs&Grand 1972; Riffle 1973; Godbout&Fortin 1984; Pachlewski&Pachlewska 1974; Kottke 1986) und die raue Oberfläche (Giltrap 1979; Pachlewski&Pachlewska 1974). Das Vorkommen von Schnallen ist durch Suggs&Grand (1972) und Kottke (1986), ihr Fehlen von Godbout&Fortin (1985b) und der hier vorliegenden Beschreibung belegt.

Auffällig ist, daß die Beschreibung keines Autors alle hier gemachten Beobachtungen gleichzeitig bestätigt, wenn auch die größte Übereinstimmung zur Beschreibung von Pachlewski&Pachlewska (1974) besteht. Dies könnte ein Hinweis auf eine möglicherweise starke Variationsbreite dieser Mykorrhiza sein.

Abbildung 15.1

Amanita muscaria

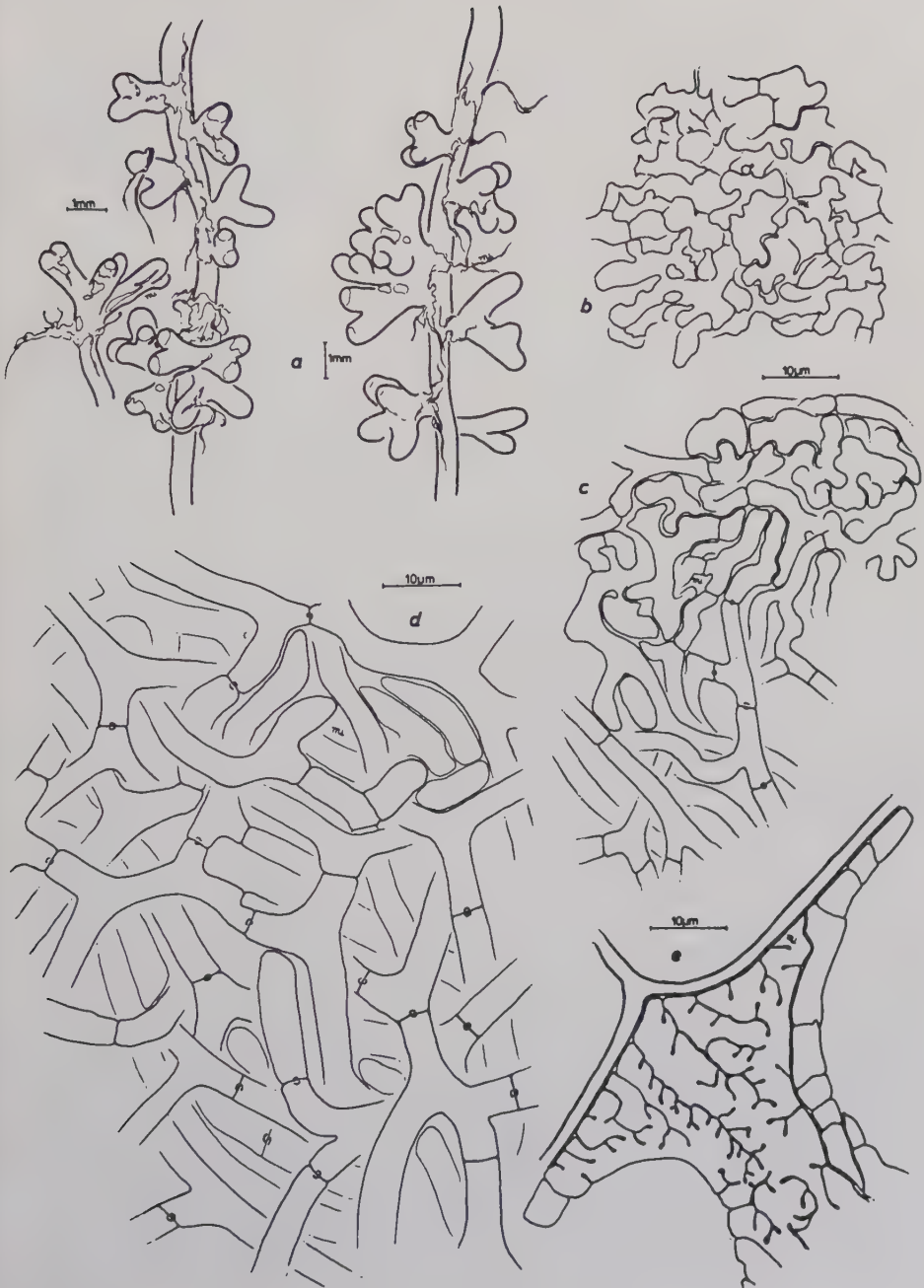
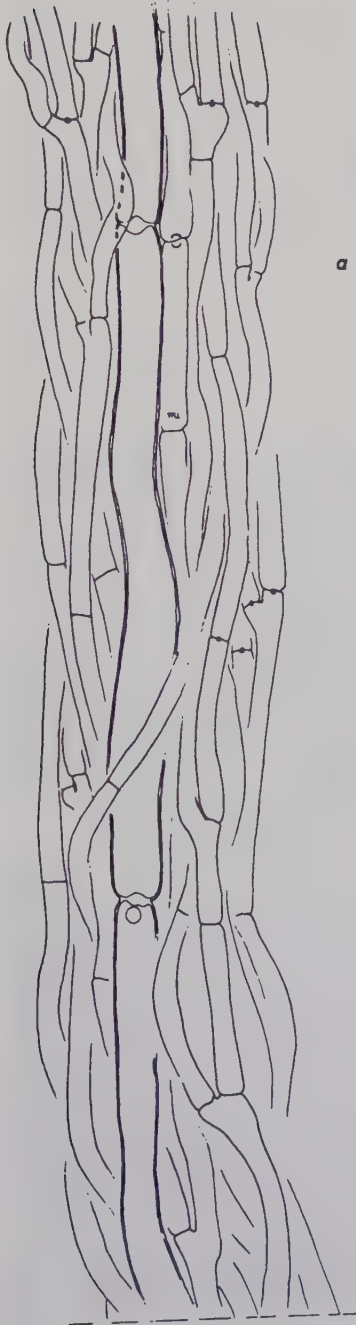


Abbildung 15.2

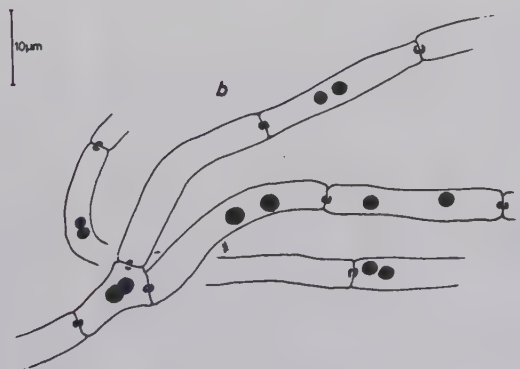
Amanita muscaria



a



a



b

Abbildung 15.3

Amanita muscaria

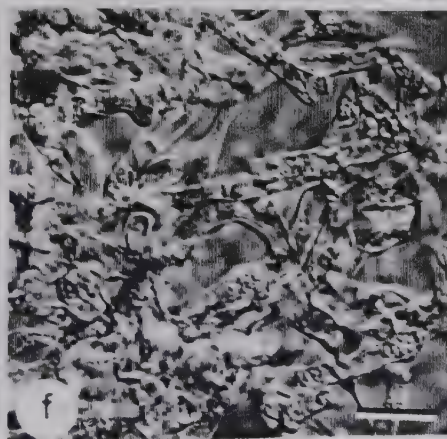
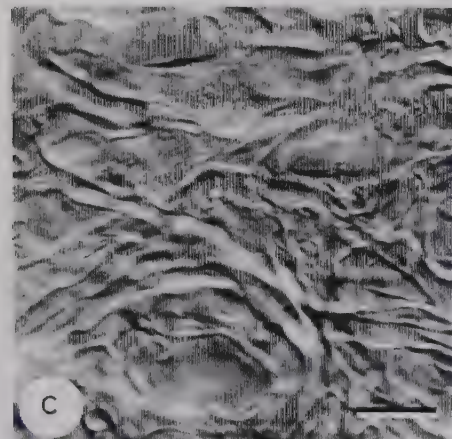
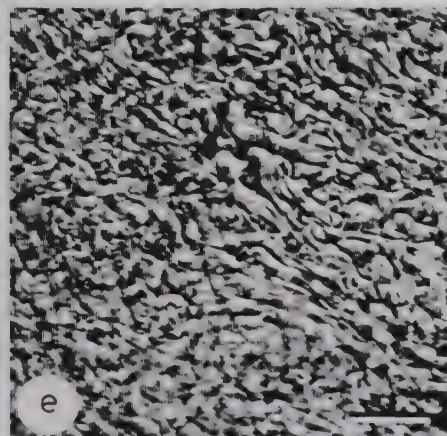
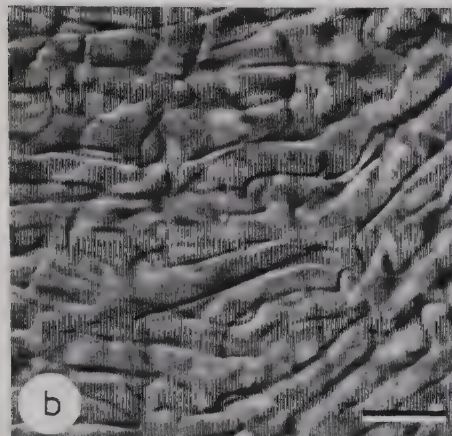
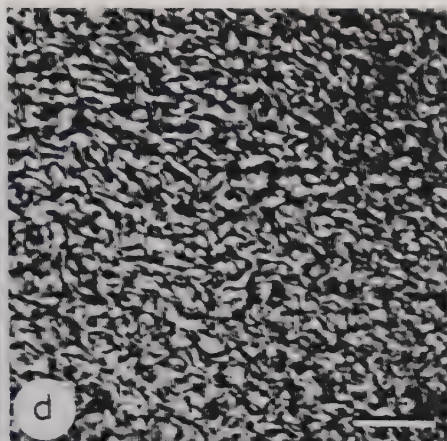
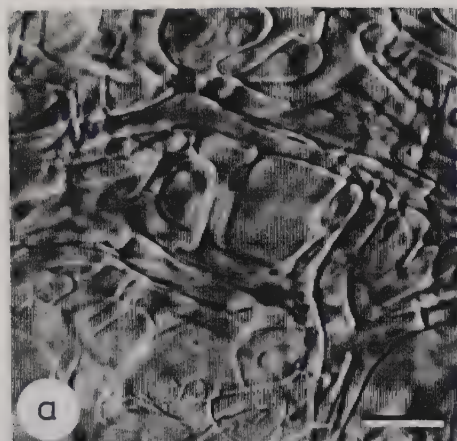


Abbildung 15.4

Amanita muscaria

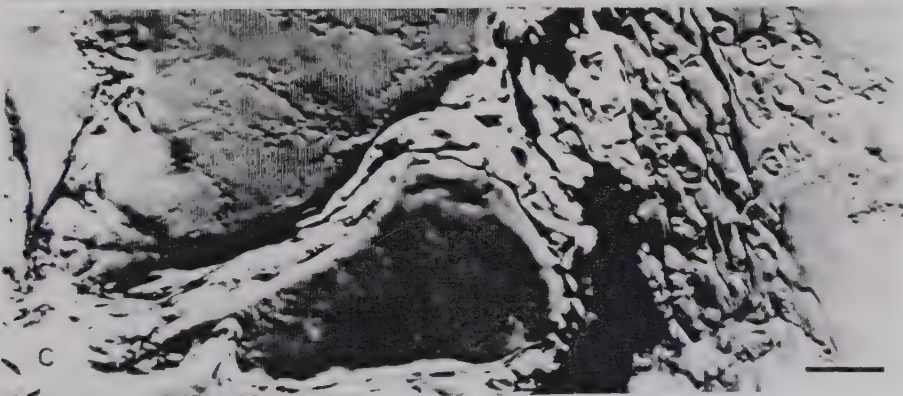
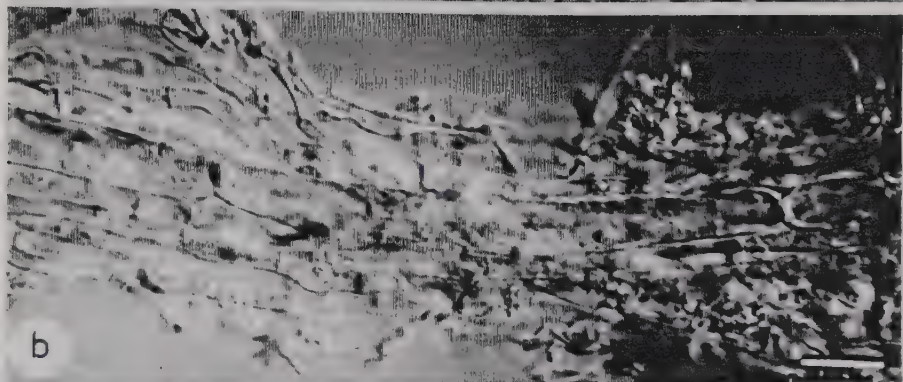
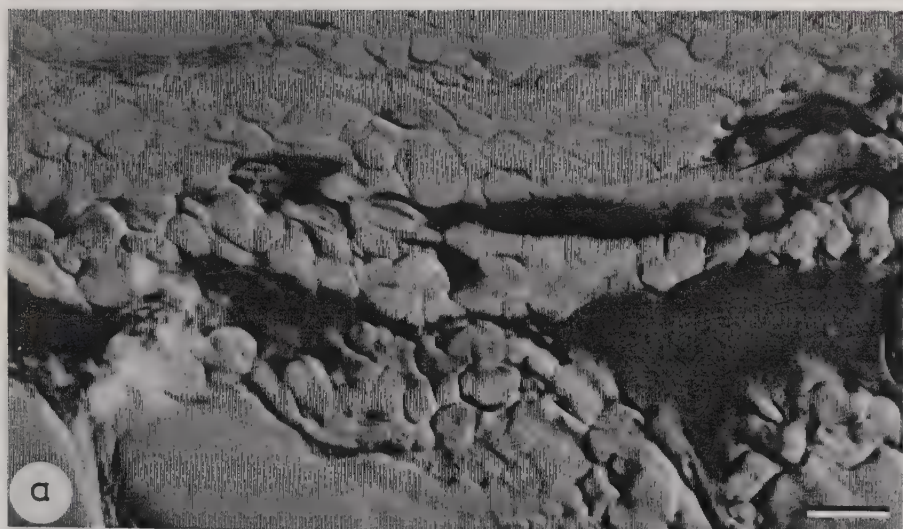


Abbildung 15.1

a) Habitus der Mykorrhiza von *Amanita muscaria* an *Pinus silvestris*; b) Mantelaufsicht an der Mykorrhizenspitze; c) Übergang des pseudoparenchymatischen Mantels in einen plectenchymatischen Mantel am Rand der Mykorrhizenspitze; d) Mantelaufsicht; e) Hartigsches Netz in Aufsicht, Palmetti-Typ. Alle Abbildungen von UM-D100.

Abbildung 15.2

a) Rhizomorphe mit Zentralhyphe mit großem Septenabstand und verdickten Septen; b) Kernfärbung mit paarigen Kernen in abziehenden Hyphen. Alle Abbildungen von UM-D100.

Abbildung 15.3

a) Mantelaufsicht; b) Mantel, mittlere Schicht; c) Mantel, innere Schicht; d) Mantelaufsicht an der Mykorrhizenspitze; e) Mantelaufsicht, Übergang von Pseudoparenchym in Plectenchym; f) abziehende Hyphen; Alle Abbildungen von UM-D100; Maßstab 10µm.

Abbildung 15.4

a) Längsschnitt durch die Mykorrhiza mit Mantel, Tanninzellen, Rindenzellen und Hartigschem Netz; b) Rhizomorphe mit Zentralhyphe; c) Querschnitt durch die Mykorrhiza mit Mantel, Tanninzellen, Rindenzellen und Hartigschem Netz. Alle Abbildungen von UM-D100; Maßstab 10µm.

5. Ektomykorrhizen aus der Gattung Lactarius

LACTARIUS DELICIOSUS L.:Fr. (Abb. 16.1-16.4)

AN PINUS SILVESTRIS

Referenzbeleg: Deutschland, Bayern, München, Ober-schleißheim, Kiefernwald, 05.09.1986, Fruchtkörper UM-162 und Mykorrhiza UM-010 in M.;

Morphologie (Abb. 16.1.a)

Mykorrhizensystem gabelig und zwischen 4 und 5 mm lang; Spitzen gerade; unverzweigte Seitenenden bis 1,2mm lang und 0.4 mm im Durchmesser; Oberfläche glatt; unverzweigte Seitenenden goldgelb bis rotbraun; Spitzen goldgelb; ältere Partien etwas dunkler rotbraun mit bräunlichen Flecken; zum Teil grünlich überhaucht.

Anatomische Merkmale der Oberfläche

Mantelaufsicht (Abb. 16.1.b, 16.2.b, 16.3.a, 16.4.d) dicht plectenchymatisch, Hyphen miteinander agglutiniert; Hyphen mehrfach verzweigt; 2-2,5µm im Durchmesser; Zellwand unauffällig; Hyphen-inhalt und -wände gelb; keine Cystiden Tieferliegende Schichten plectenchymatisch, Hyphen leicht gewunden, langgestreckt; 4-5µm im Durchmesser; Zellwand unauffällig; Hypheninhalt und Wände leicht gelblich mit Laticiferen (Abb. 16.2.b', 16.1.b, 16.3.b, 16.4.e). Mantelinnenansicht plectenchymatisch bis pseudoparenchymatisch, durch eng aneinanderliegende, leicht ausgebuchtete Zellen; Zellen 4-5µm dick; Zellwand 0,5µm (Abb. 16.3.c, 16.4.f).

Abziehende Hyphen nicht vorhanden.

Rhizomorphen (Abb. 16.2.a+c, 16.3.d+e, 16.4.c) mehr oder weniger senkrecht abziehend; Durchmesser bis zu 0,3mm; Rhizomorphen differenziert; Hüll-Hyphen: 2µm im Durchmesser; Zellwand bis zu 0,75µm dick; dünne Hyphen: 3-4µm im Durchmesser; Zellwände bis zu 0,5µm dick; Hyphen-inhalt und -wände leicht gelb; Laticiferen: nicht zentral liegend, bis 7µm im Durchmesser; Anastomosen in keiner

Form; ältere Rhizomorphen spangrün durch verfärbende Hyphenauflagerungen, Laticifereninhalt in Tröpfchenform, braungelb verfärbend.

Anatomische Merkmale im Querschnitt (Abb. 16.4.b) Mantel sehr kompakt, 30-35µm dick, angedeutet dreischichtig; Hyphen der äußeren Schicht: tangential 2-5µm, radial 2-5, Zellwand bis 1µm dick; mittlere Schicht: tangential 5-10µm, radial 3-8(10)µm; innerste Schicht: tangential 3-5 radial 3-6µm;

Tanninzellen eine Reihe, unregelmäßig zusammengedrückt; tangential 15-35(40)µm, radial (3)5-10µm; TCT= 24µm; TCq 3,3.

Rindenzellen rundlich; 3-4 Reihen; tangential (15)20-50(60)µm, radial 15-50µm; CCT: 31,5µm; CCq: 1,1;

Hartigsches Netz um Tanninzellen: 3-5µm im Durchmesser, eine Reihe, Form rund; um Rindenzellen: 2-4µm im Durchmesser, eine Reihe, Form oval bis quaderförmig.

Anatomische Merkmale im Längsschnitt (Abb. 16.4.a+g)

Mantelhyphen äußere Schicht: tangential 5-10µm, radial 2-4µm; mittlere Schicht: tangential 5-12µm, radial 5-7µm; innerste Schicht: tangential 3-5µm, radial 2-4µm; Tanninzellen unregelmäßig zusammengedrückt, tangential 15-35µm, radial (3)5-10µm; TCT: 25,7µm; TCq 3,5.

Rindenzellen mehr oder weniger rund, wenige verlängert radialoval; tangential 15-50µm, radial 15-50µm; CCT: 27µm; CCq: 0,9.

Hartigsches Netz vom Palmetti-Typ, Loben bis 5µm breit (Abb. 16.1.d).

Farbreaktionen in verschiedenen Reagenzien

Anilin: graubraun; Brillant Kresyl Blau: blau, nach Auswaschen mit Wasser Ränder leich violett, Laticiferen grünlich; Baumwollblau: --; Formalin 40%: grau, Laticiferen schmutzig gelb; Guaiac: --; Eisen-sulfat: Laticiferen schmutzig gelb; KOH: --; Melzer's Reagenz: --; Phenol: --; Phenol-Anilin: --; Säure-Fuchsin: --; Sulfo Vanillin: Laticiferen dunkelbraun, granuliert.

Autofluoreszenz

Ganze Mykorrhiza: UV 254 nm: --- ; UV 366 nm: --- ; Mantelhyphen, Hartigsches Netz und Rhizomorphen: UV-filter (340-380nm): blau; Blaufilter (450-490nm): gelblich; Grünfilter (530-560nm): --.

Kernfärbung

Zwei Kerne pro Zelle; Abstand variabel , rund, 1.5-2µm im Durchmesser; ohne siderophile Granulation (Methode Acetocarmin).

Verwendetes Material und Identifikation

Referenzbeleg; Direkte Verbindungen zwischen Fruchtkörper und Mykorrhiza konnten nachgewiesen werden. Weiterer untersuchter Beleg: Deutschland, Eichstätt, Straße nach Weißenburg, Kiefernwald mit Jung-Eichen; 17.03.1986, Mykorrhiza UM-E80 in M.

Mykorrhizen von Lactarius deliciosus in der Literatur

Riffle (1973) synthetisierte u.a. die Mykorrhiza von Lactarius deliciosus an Pinus ponderosa. Sie wird folgendermaßen beschrieben: Cremefarben bis braun, keine Rhizomorphen, unverzweigt bis coralloid, 0.8-6mm lang, 0.2-0.4mm im Durchmesser, Hyphen kompakt verwoben; Mantel 12-38µm dick, dünnwandige Hyphen, 2.1-3.8µm im Durchmesser, weiter innen liegende Hyphen 2-4.4µm im Durchmesser; Hartigsches Netz: Hyphen kugelig, 2.7-4.7µm im Durchmesser, keine Schnallen; Rindenzellen äussere Schicht 15,8-40µm im Durchmesser, innere Schicht 21.9-45.5µm. Riffle (l.c.) verweist in der Diskussion auf Trappe (1967), nachdem ja synthetisierte Mykorrhizen mit den Freilandmykorrhizen wesentliche Strukturen gemeinsam haben sollen. Dies trifft hier bezüglich der Farbe und der Rhizomorphen hier nicht zu.

Agerer (1986b) beschreibt u.a. die Mykorrhiza von Lactarius deterrimus an Picea abies. Da dies die Schwesterart von Lactarius deliciosus ist seien hier einige Merkmale herausgegriffen. Die Ektomykorrhizen sind sich morphologisch und anatomisch recht ähnlich. Selbst die Grünver-

färbung im Alter ist bei beiden zu finden. Bei der Ekto-
mykorrhiza von L. deliciosus kann man mit Formol und Ei-
sensulfat eine schmutzig-gelbe Verfärbung feststellen,
die bei der Ektomykorrhiza von L. deterrimus nicht zu
beobachten war.

Ebenso bei Agerer (1986b) findet man eine ausführliche
Diskussion der Literatur zu Mykorrhizen der Gattung Lac-
tarius sect. Dapetes, zu der Lactarius deliciosus und
Lactarius deterrimus gehören.

Abbildung 16.1

Lactarius deliciosus

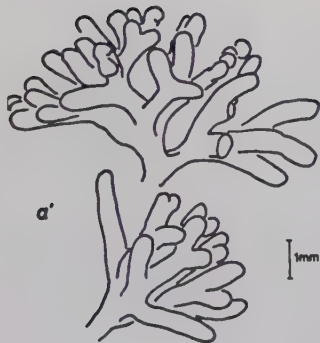
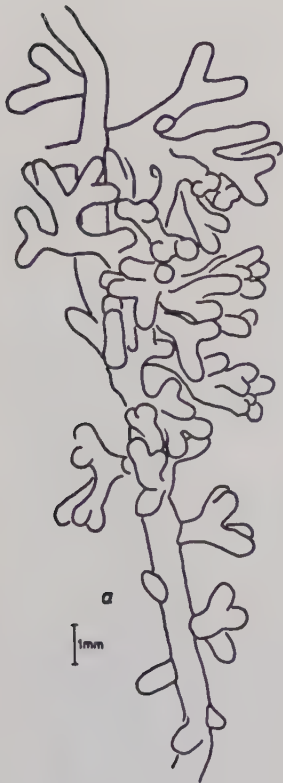


Abbildung 16.2

Lactarius deliciosus

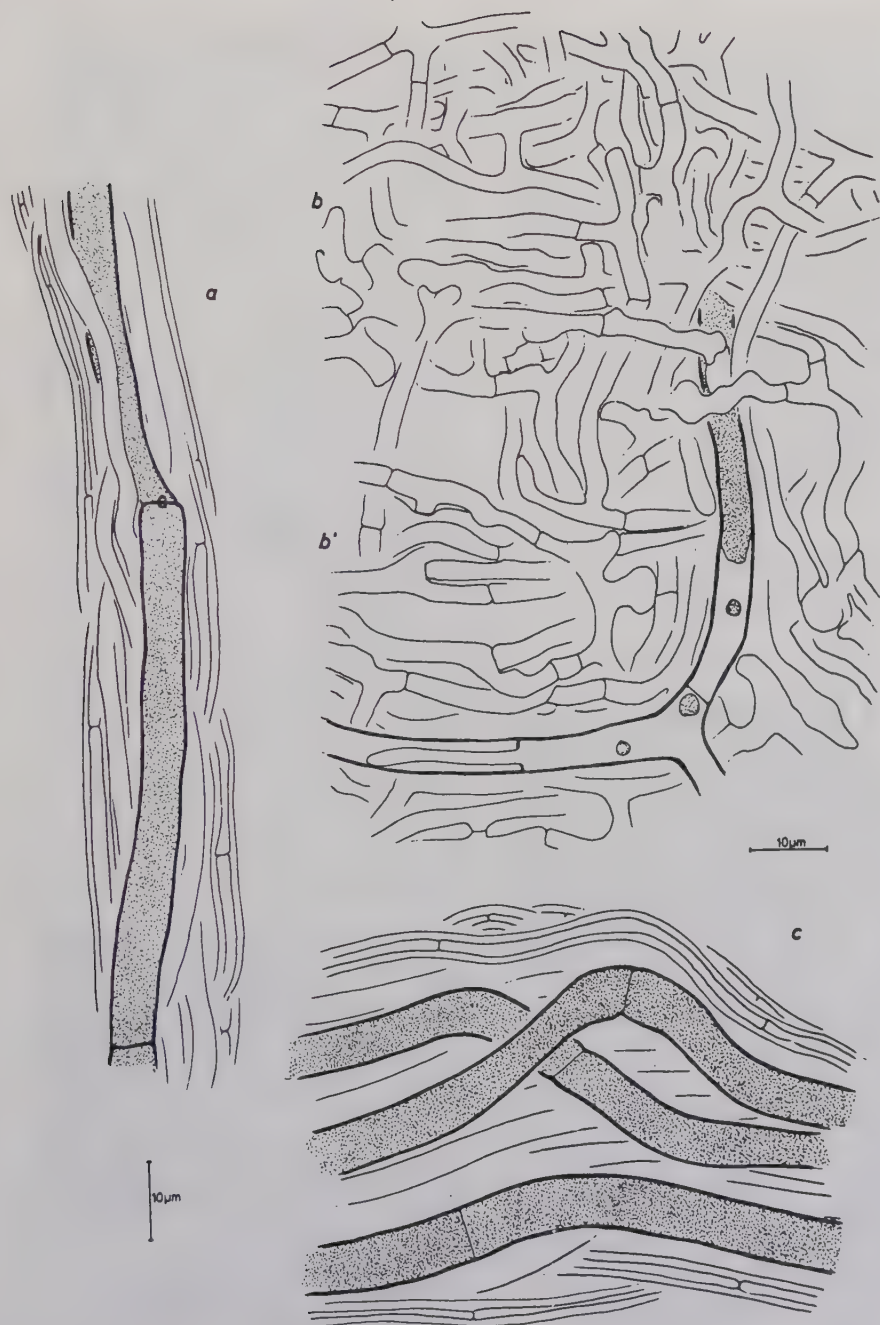


Abbildung 16.3

Lactarius deliciosus

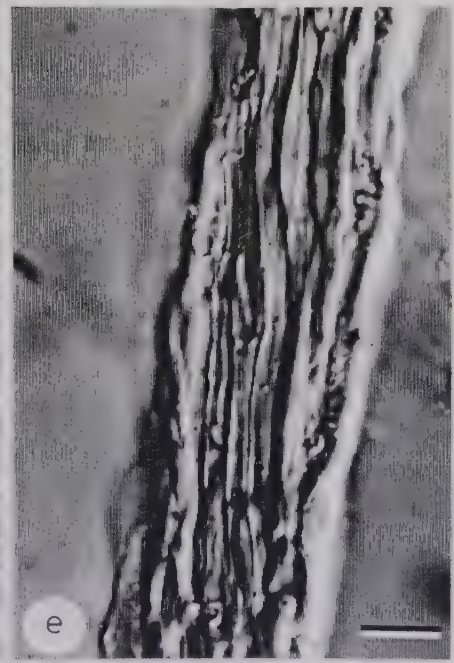
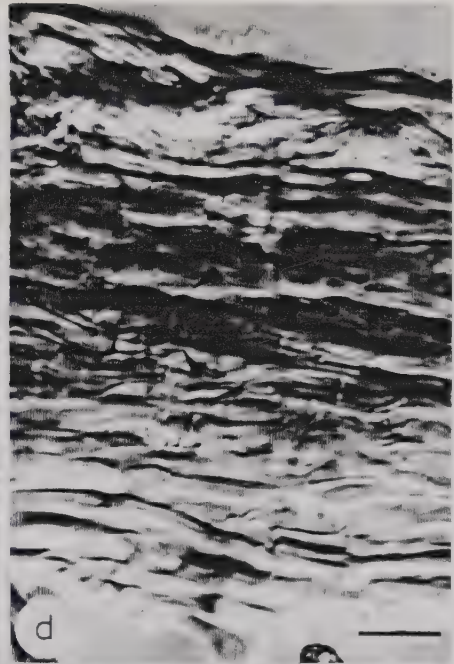
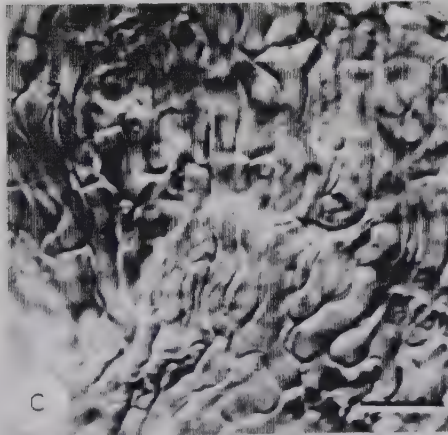
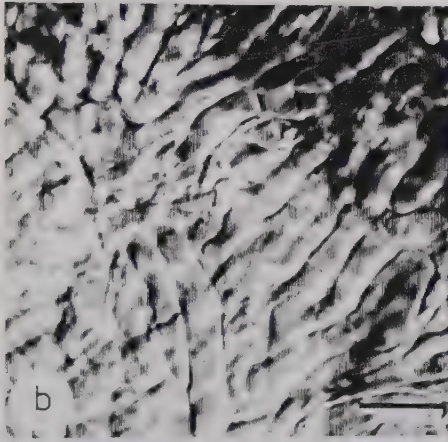
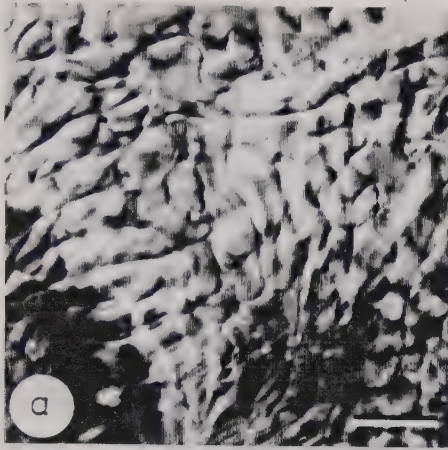


Abbildung 16.4

Lactarius deliciosus

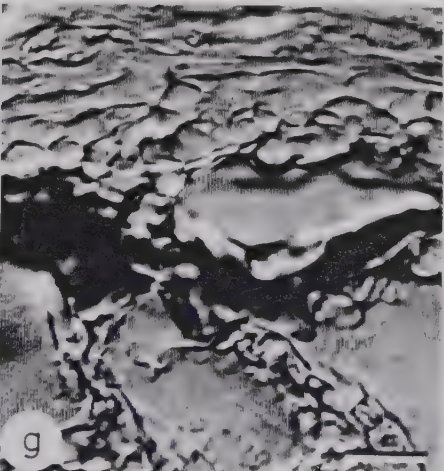
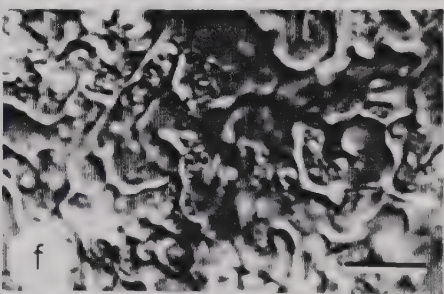
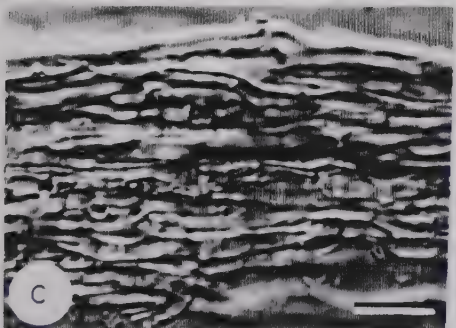
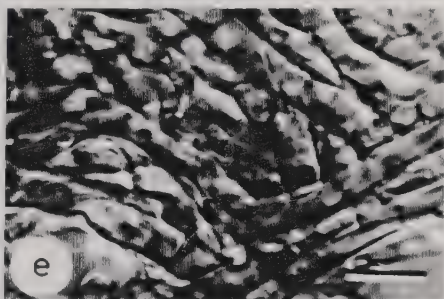
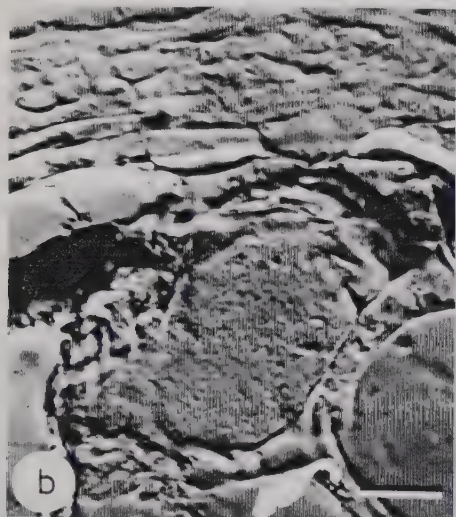
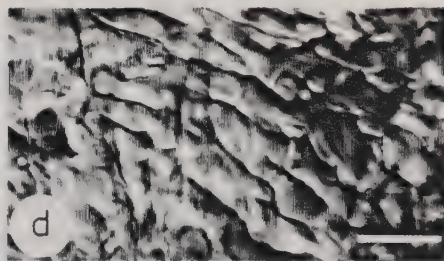
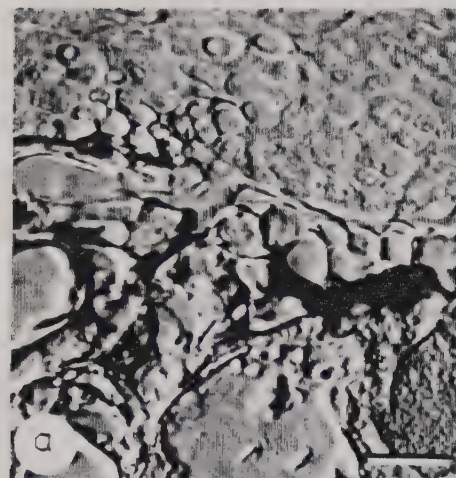


Abbildung 16.1

a) Habitus der Mykorrhiza von *Lactarius deliciosus* an *Pinus silvestris*; b) + c) Mantel, mittlere Schicht mit Laticiferen, Wände der Latiziferen durch Auflagerungen grün Abb. von UM-E80; d) Hartigsches Netz, Palmettityp. Abbildungen, wenn nicht anders angegeben, von UM-O10.

Abbildung 16.2

a) junge Rhizomorphe mit einer Latizifere; b) Mantelaufsicht an der Mykorrhizenspitze; b') Mantel, mittlere Schicht an der Mykorrhizenspitze mit Latizifere; c) ältere Rhizomorphe mit mehreren Latiziferen; Abb. von UM-E80. Abbildungen, falls nicht anders angegeben, von UM-O10; Maßstab 10µm.

Abbildung 16.3

a) Mantelaufsicht; b) Mantel, mittlere Schicht; c) Mantel, innerste Schicht; d) ältere Rhizomorphe; e) jüngere Rhizomorphe. Alle Abbildungen von UM-O10; Maßstab 10µm.

Abbildung 16.4

a) Längsschnitt durch die Mykorrhiza mit Mantel, Tanninzelle, Rindenzellen und Hartigschem Netz; b) Querschnitt durch die Mykorrhiza mit Mantel, Wurzelhaubenresten, Tanninzellen, Rindenzellen und Hartigschem Netz; Abb. a) und b) von UM-O10 c) Rhizomorphe im optischen Längsschnitt; d) Mantelaufsicht; e) Mantel, mittlere Schicht; f) Mantel, Innenansicht; g) Längsschnitt durch die Mykorrhiza mit Mantel, Wurzelhaubenresten, Tanninzellen, Rindenzellen und Hartigschem Netz. Abb. c) - g) von UM-E80; Maßstab für alle Abbildungen 10µm.

PINIRHIZA OCHROLACTANS ¹⁾ (Abb. 17.1-17.4)

AN PINUS SILVESTRIS

Referenzbeleg: Deutschland, Bayern, Eichstätt, Straße nach Weissenburg, Kiefernwald mit Jung-Eichen; 17.03.1986, Mykorrhiza UM-E60 in M.

Morphologie (Abb. 17.1.a+a')

Mykorrhizensystem gabelig und zwischen 3 und 5 mm lang, Spitzen gerade; unverzweigte Seitenenden bis 1,2 mm lang und 0.35-0.4 mm im Durchmesser; Oberfläche glatt; unverzweigte Seitenenden hellbraunorange, Spitzen gelb; ältere Partien hellbraun mit braunroten Flecken.

Anatomische Merkmale der Oberfläche

Mantelaufsicht (Abb. 17.1.b, 17.2.a, 17.4.a+b) parenchymatisch, Muster angulär bis epidermoid, Hyphenform stark gebuchtet bis polygonal; 6-8 Zellen pro 20x20µm; Zellwand unauffällig; Hypheninhalt und -wände hyalin; keine Cystiden;

Tieferliegende Schichten plectenchymatisch, Schicht mit Laticiferen, diese Y-förmig verzweigt, selten septiert, 4-6µm im Durchmesser; Hypheninhalt granulär gelblich (Abb. 17.1.c, 17.2.b, 17.4.c+d);

Mantelinnenansicht (Abb. 17.2.c, 17.3.c, 17.4.e+f) plectenchymatisch bis pseudoparenchymatisch, durch eng aneinanderliegende, leicht ausgebuchtete Zellen; Zellwand unauffällig; um 20 Zellen pro 20x20µm

Mykorrhizenspitze wie Mantelaufsicht, nur kleinere Zellen (15-17 pro 20x20µm).

Abziehende Hyphen sich aus Basalzellen entwickelnd; Durchmesser 2.5-3µm; Zellwanddicke nur am Ansatz nahe der Basalzelle verdickt (bis 0.5µm); Basalzellen abgeflacht und dickwandige, in der äußersten Mantelschicht (Abb.17.1.f).

Rhizomorphen (Abb. 17.1.e) nicht gefunden. Nur kleine Flecken mit mehreren abziehenden Hyphen, diese jedoch

¹⁾ ochrolactans = gelbmilchend

abgebrochen; Zellwand unauffällig; Hyphen 2.5-3µm im Durchmesser; Septenabstand 25-30µm; ohne Laticiferen.

Anatomische Merkmale im Querschnitt (Abb. 17.3.b)

Mantel sehr kompakt, 20-25µm dick, angedeutet dreischichtig; Hyphen der äußeren Schicht: tangential 5-15µm, radial 2-3, Zellwand bis 0.5µm dick; mittlere Schicht: tangential 7-14µm, radial 5-8µm; innerste Schicht: tangential 3-8µm, radial 2-3(-5)µm;

Tanninzellen eine Reihe, unregelmäßig zusammengedrückt; tangential 15-40(55)µm, radial 5-15µm; TCt= 27.5µm; TCq= 4.1.

Rindenzellen rundlich; 3-4 Reihen; tangential 20-60µm, radial 15-50µm; CCt: 35.8µm; CCq: 29.7;

Hartigches Netz um Tanninzellen: 3-4µm im Durchmesser, eine Reihe, Form rund; um Rindenzellen: 2-3µm im Durchmesser, eine Reihe, Form rund.

Anatomische Merkmale im Längsschnitt (Abb. 17.3.a)

Mantel dreischichtig; Mantelhyphen äußere Schicht: tangential 8-15µm, radial 2-3µm; mittlere Schicht: tangential 8-15µm, radial 6-9µm; innerste Schicht: tangential 3-6µm, radial 2-3µm; Tanninzellen unregelmäßig zusammengedrückt, tangential 20-60µm, radial 5-15µm; TCt: 33.7µm; TCq 4.5. Rindenzellen rund bis leicht oval; tangential 20-40(65)µm, radial 15-50µm; CCt: 33.7µm; CCq: 1.3. Hartigches Netz vom Palmetti-Typ, Loben bis 2-3µm breit (Abb. 17.1.d).

Farbreaktionen in verschiedenen Reagenzien

Anilin: --; Brillant Kresyl Blau: blau, nach Auswaschen mit Wasser Ränder leich violett, Laticiferen grau; Baumwollblau: --; Formalin 40%: --; Guaiac: -; Eisen-sulfat: Laticiferen grau; KOH: --; Melzer's Reagenz: --; Phenol: --; Phenol-Anilin: --; Säure-Fuchsin: --; Sulfo Vanillin: Laticiferen braun.

Autofluoreszenz

Ganze Mykorrhiza: UV 254 nm: --- ; UV 366 nm: --- ; Mantelhyphen und Hartigches Netz: UV-filter (340-380nm):

leicht bläulich; Blaufilter (450-490nm): leicht gelblich; Grünfilter (530-560nm): --.

Kernfärbung

Zwei Kerne pro Zelle; Abstand variabel, rund, 1.5-2µm im Durchmesser; ohne siderophile Granulation (Methode Acetocarmin).

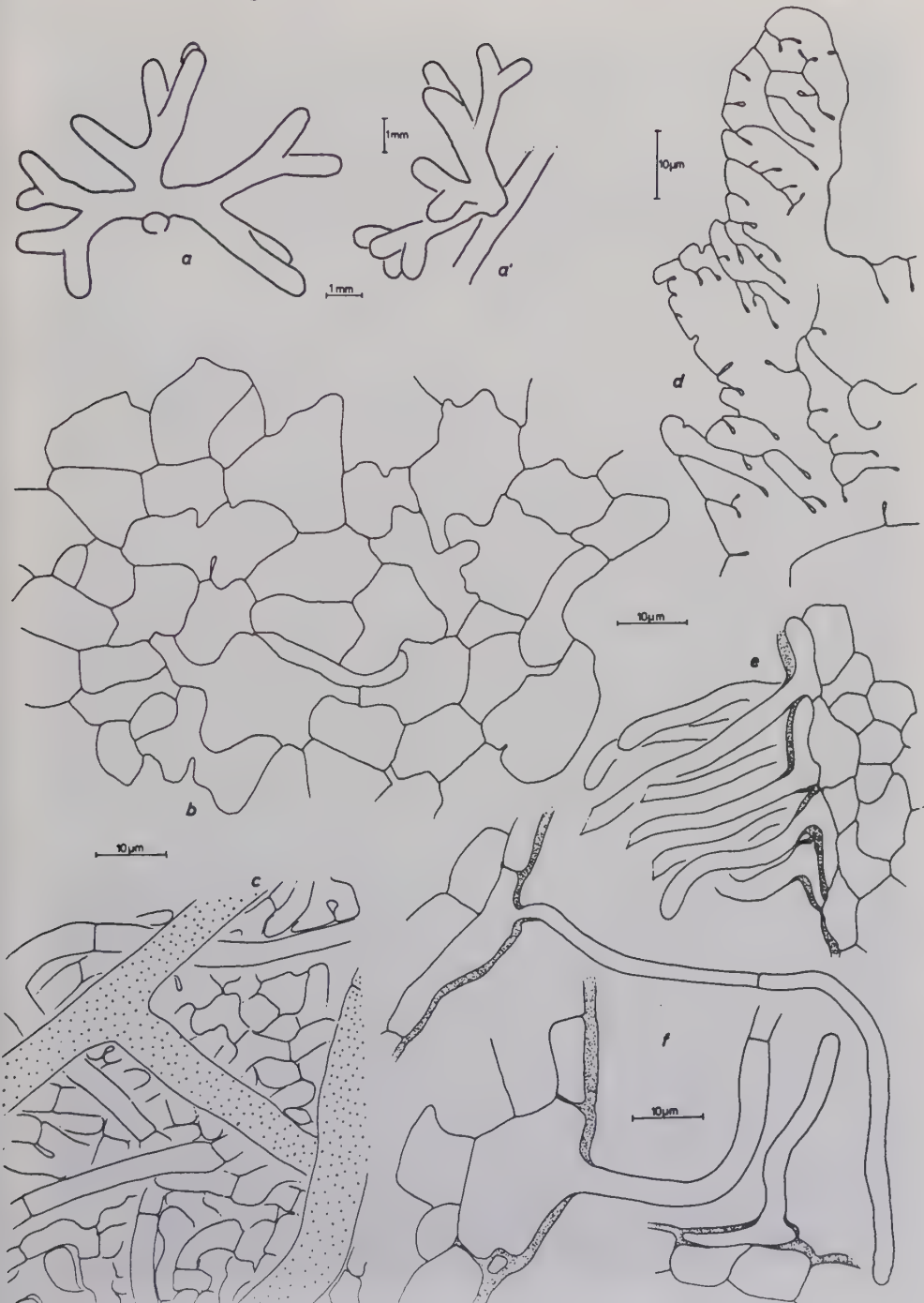
Verwendetes Material und Identifikation

Referenzbeleg; Unidentifizierte Mykorrhiza. Weitere untersuchte Belege: Deutschland, Bayern, Eichstätt, Straße nach Weißenburg, Kiefernwald mit Jung-Eichen; Mykorrhizen UM-E20 und UM-E30 in M.

Die in ihrer Wuchsform sehr ähnlichen Mykorrhizen unterscheiden sich in ihrer Farbe, ihrer Mantel- und in ihrer Rhizomorphenorganisation. Während bei Lactarius deliciosus Mantel und Rhizomorphen goldgelb bis rotbraun gefärbt sind, ist Pinirhiza ochrolactans hellbraun-orange gefärbt. Der Latex bei L. deliciosus ist orange, während er bei P. ochrolactans hellgelb ist. Die Mantelstruktur ist bei L. deliciosus dicht plectenchymatisch und bei P. ochrolactans epidermoid. Das entscheidende Merkmal für die Einordnung bei Lactarius sind allerdings die Laticiferen. Die Unterschiede in den Mantelstrukturen sind innerhalb dieser Gattung verbreitet (Agerer 1986b; Brand & Agerer 1986).

Abbildung 17.1

Pinirhiza ochrolactans



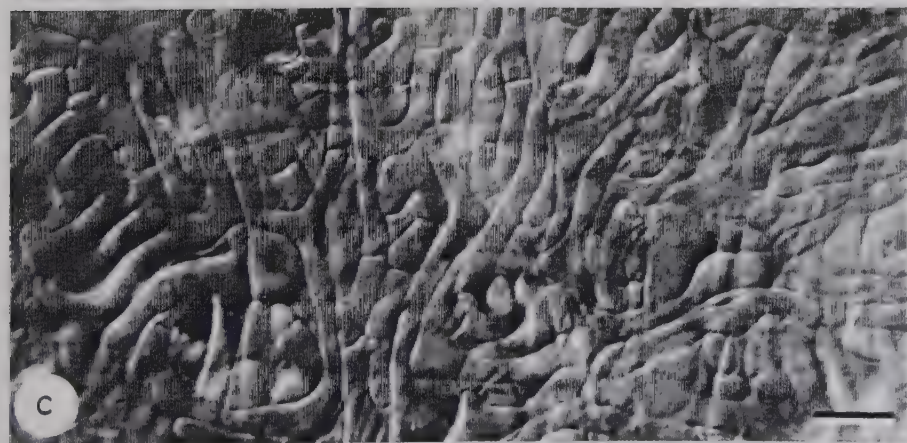
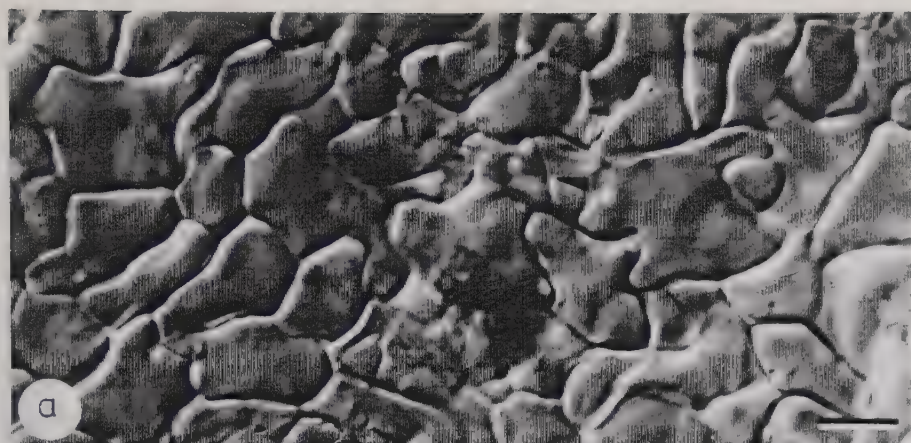


Abbildung 17.3

Pinirhiza ochrolactans

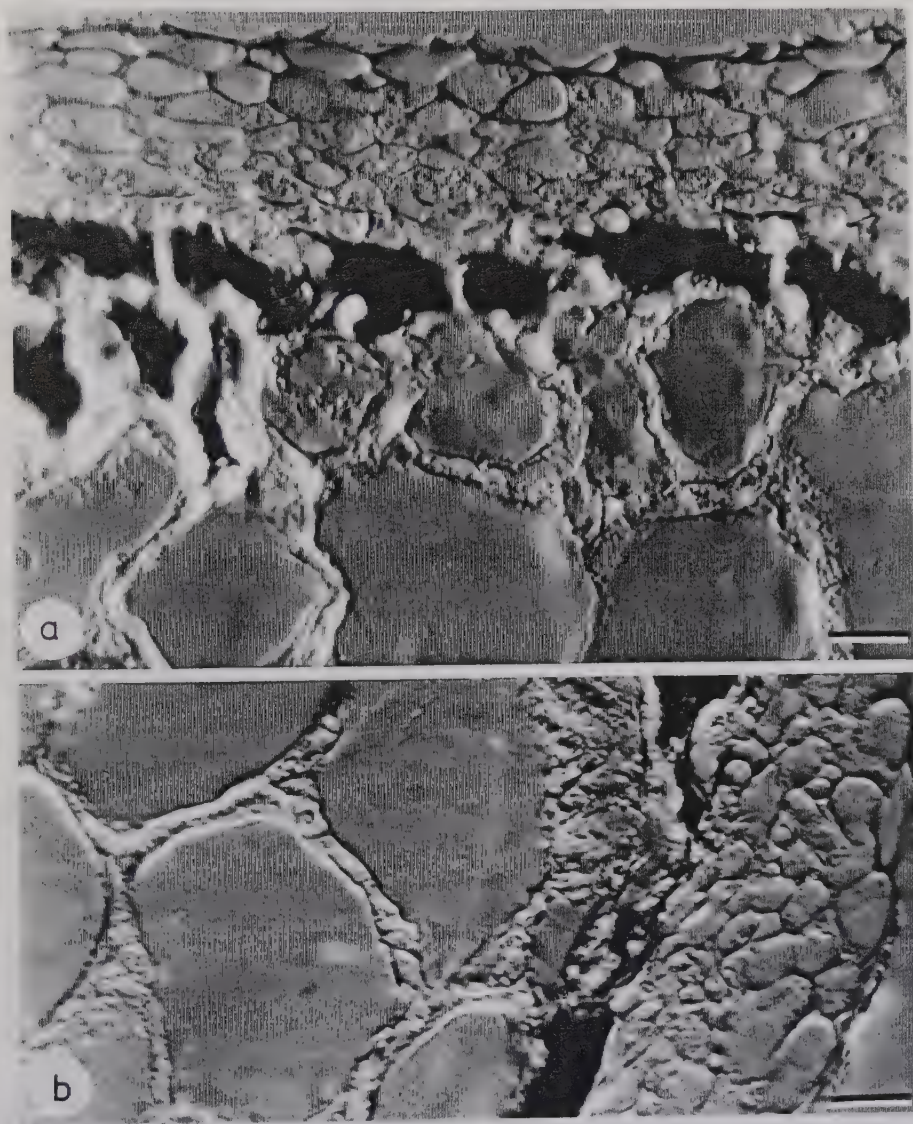


Abbildung 17.4

Pinirhiza ochrolactans

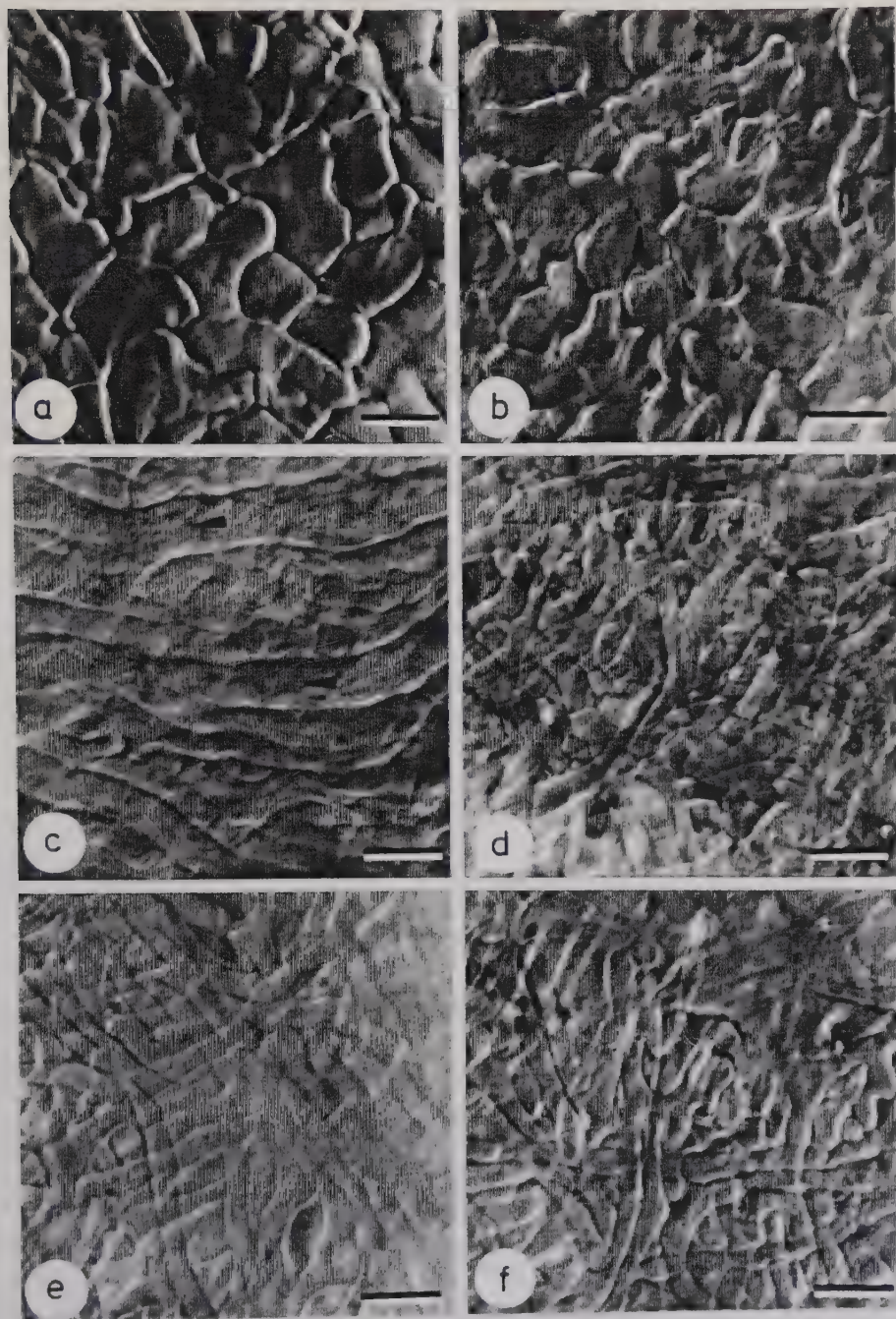


Abbildung 17.1

a) und a') Habitus der Mykorrhiza Pinirhiza ochrolactans; a) von UM-E60, a') von UM-E30; Maßstab 1mm; b) Mantelaufsicht; c) Mantel, mittlere Schicht mit Latiziferen; d) Aufsicht auf Hartigsches Netz -Palmetti-Typ; e) Anhäufung von abziehenden Hyphen; möglicherweise Rhizomorphenansatz; f) abziehende Hyphen mit Basalzellen; Abbildungen außer a') von UM-E60.

Abbildung 17.2

a) Mantelaufsicht; b) Mantel, mittlere Schicht mit Laticiferen (Pfeil); c) Mantel, innere Schicht. Alle Abb. von UM-E60.

Abbildung 17.3

a) Längsschnitt durch die Mykorrhiza mit Mantel, Tanninzellen, Rindenzellen und Hartigschem Netz; b) Querschnitt durch die Mykorrhiza mit Mantel, Tanninzellen, Rindenzellen und Hartigschem Netz; Alle Abb. von UM-E60; Maßstab 10µm.

Abbildung 17.4

a) Mantelaufsicht (UM-E20); b) Mantelaufsicht (UM-E30); c) Mantel, mittlere Schicht, mit Latiziferen (UM-E20); d) Mantel, mittlere Schicht, mit Laticiferen (UM-E30); e) Mantel, innerste Schicht (UM-E20); f) Mantel, innerste Schicht; (UM-E30) Maßstab für alle Abbildungen 10µm

6. Ektomykorrhizen aus der Ordnung Boletales

RHIZOPOGON LUTEOLUS Fr. in Fr. & Nordh. (Abb. 18.1-18.4)
AN PINUS SILVESTRIS

Referenzbeleg: Deutschland, Bayern, Kelheim, Siegenburg, Kiefernwald, 25.3.1986, Fruchtkörper UM-198 und Mykorrhiza UM-D050, beide in M.

Morphologie (Abb. 18.1.a)

Mykorrhizensystem korralloid und zwischen 3 und 5 mm lang, die Mykorrhiza dichotom verzweigt; Spitzen meist gerade, manchmal gebogen; unverzweigte Seitenenden bis 1 mm lang und 0.35 - 0.4 mm im Durchmesser; Oberfläche rauh, zum Teil warzig; unverzweigte Seitenenden dunkel ockergelb bis gelb mit rostfarbenen Flecken; Spitzen etwas heller ockergelb; ältere Partien ockergelb bis bräunlich gelb.

Anatomische Merkmale der Oberfläche

Mantelaufsicht (Abb. 18.1.b+c, 18.3.a, 18.4.f) plectenchymatisch, dicht verwoben wie ein Netz, das unverzweigten und mehrfachverzweigten Hyphen gebildet; Hyphen 2-4µm im Durchmesser; Zellwand unauffällig; Hypheninhalt und -wände leicht gelb; einige Hyphen mit tropfenförmigen Inkrustationen; keine Cystiden. Mittlere Mantelschicht (Abb. 18.3.b) plectenchymatisch, locker

verwoben, mehrfach verzweigte Hyphen nicht so häufig wie in der Außenschicht; Hyphen 2-4µm im Durchmesser; Zellwand unauffällig; Hypheninhalt und -wände leicht gelb.

Mantelinnenansicht (Abb. 18.1.d, 18.3.c, 18.4.e) Hyphen dichter verwoben als in äußeren Partien des Mantels; mit Feldern kürzerer Zellen, an Epidermiszellen erinnernd; Hyphen 3-5µm im Durchmesser.

Rhizomorphen (Abb. 18.2.a+b+d, 18.3.d-f, 18.4.b) entlang der Mykorrhizenoberfläche abziehend; Durchmesser bis zu 150µm; Rhizomorphenhyphen in drei Typen: Äußere Hyphen: 3-4µm im Durchmesser; Septenabstand 12-25µm; Zellwand bis zu 1,5µm dick, rotbraun; Hypheninhalt gelblich; In-

nere Hyphen: 3-5µm im Durchmesser; Septenabstand 10-25µm; Zellwände bis zu 0,5µm dick; Hypheninhalt und -wände leicht gelb; Zentralhyphen: 5-18µm im Durchmesser; Septenabstand (8)10-25µm; Zellwände bis zu 0,5µm dick; Hypheninhalt und -wände leicht gelb.

Anatomische Merkmale im Querschnitt (Abb. 18.4.c+d) Mantel in äußeren Partien plectenchymatisch, 20-45µm dick, zwei Schichten erkennbar, durch eine Schicht kollabierter Reste aus Kalyptrazellen getrennt; Hyphen locker verwoben, Hyphen radial 2-3µm, tangential 5-10(20)µm; Hyphen in inneren Mantelschichten: radial 3-5µm, tangential 4-10(12)µm.

Tanninzellen sehr selten, tangential verlängert, sehr stark zusammengedrückt, in einer Reihe; tangential 5-25µm, radial 4-10µm; TCT= 13µm; TCq 2,2.

Rindenzellen rundlich; 4 Reihen; tangential (10)15-35(60)µm, radial (5)20-35(50)µm; CCT: 25µm; CCq: 1,1;

Hartigches Netz: eine Hyphenreihe um die Rindenzellen; die wenigen Tanninzellen in den inneren Teil des Mantels eingebettet; Hyphen des Hartigschen Netzes radial verlängert (2)3-5(7)µm dick; Hartigsches Netz oft die Endodermis erreichend.

Anatomische Merkmale im Längsschnitt (Abb. 18.4.a)

Mantelhyphen radial 2-5(6)µm, tangential 3-5(10)µm;

Tanninzellen unregelmäßig zusammengedrückt, tangential 35-70µm, radial 4-10µm; TCT: 53µm; TCq=7.

Rindenzellen mehr oder weniger rund, wenige verlängert, radial-oval; tangential (10)15-25(30)µm, radial (5)20-35(50)µm; CCT: 20µm; CCq: 0,8;

Hartigches Netz vom Palmettityp, Loben 2-3µm breit (Abb. 18.2.c).

Farbreaktionen in verschiedenen Reagenzien

Anilin: dunkelbraune Tropfen in Hyphen; Brilliant Kresyl

Blau: --; Baumwollblau: --; Formalin 40%: --; Guaiac:

--; Eisen-sulfat: --; KOH: --; Melzer's Reagenz: --; Phe-

nol: --; Phenol-Anilin: --; Säurefuchsin: --; Sulfo Va-

nillin: Zellwände braun, nicht rot werdend.

Autofluoreszenz (Abb. 18.4.b,d-f)

Ganze Mykorrhiza: UV 254 nm: --- ; UV 366 nm: --- ; Mantelhyphen und Hartigsches Netz: UV-filter (340-380nm): äußere Mantelschichten und Hartigsches Netz leicht gelb; innere Mantelschichten hell gelb, mit rötlichem Ton in dreieckig geformten Partien, wo Mantelhyphen zwischen die äußersten Rindenzellen eindringen ; Blaufilter (450-490nm): alle Teile des Mantels gelb ; Grünfilter (530-560nm): alle Teile des Mantels blaß rötlich.

Rhizomorphen: UV-filter (340-380nm): äußere Hyphen: gelb bis braunrot; innere Hyphen und zentrale Hyphen blaß blau ; Blaufilter (450-490nm) äußere Hyphen: dunkel gelb bis bräunlich ; innere und zentrale Hyphen sehr blaß gelb; Grünfilter (530-560nm): --.

Kernfärbung (Abb. 18.2.a)

Zwei Kerne pro Zelle (Methode: Acetocarmin); Kerne liegen eng benachbart (Abstand meist 5-10µm), rund, 1,5-2,5µm im Durchmesser; ohne siderophile Granulation.

Verwendetes Material und Identifikation

Referenzbeleg; direkte Verbindungen zwischen Fruchtkörper und Mykorrhiza konnten nachgewiesen werden.

Mykorrhiza von Rhizopogon luteolus in der Literatur
Pachlewski & Pachlewskaja (1974) synthetisierten Ectomykorrhizen von R. luteolus an Pinus silvestris Sämlingen in Agar-Medium wobei eine Reinkultur des Pilzes verwendet wurde. Sie beschrieben die Mykorrhiza von R. luteolus als häufig dichotom verzweigt, meist koralloid mit verkürzten und verdickten Enden. Die Farbe wird mit Cremeweiß bis Rostbraun angegeben. Darüberhinaus erwähnen die Autoren ein Sekret, das seine Farbe von Farblos bis Bräunlich ändert, sowie einen undeutlich in zwei Schichten geteilten Mantel von 30 bis 60µm Dicke. Das Hartigsche Netz wird als gut entwickelt beschrieben. Es erreicht die Endodermis. Mit Ausnahme des Sekretes können alle Merkmale, die Pachlewski & Pachlewskaja (l.c.)

beobachteten, auch bei der hier beschriebenen Ektomykorrhiza gefunden werden. Zwei Dinge sind bemerkenswert: (a) die in dieser Arbeit beschriebenen Mykorrhiza ist ockergelb bis rotbraun; (b) der Mantel der hier beschriebenen Mykorrhiza ist deutlich zweischichtig, was durch die Autofluoreszenzdaten bestärkt wird. Beide Unterschiede könnten auf das mehr fortgeschrittene Alter der hier beschriebenen Mykorrhiza zurückzuführen sein.

Malajczuk & Cromack (1982) identifizierten die Mykorrhiza von R. luteolus an Pinus radiata, aber leider liegt keine Beschreibung vor. Sie fanden Calcium-oxalat Ablagerungen auf Hyphen. Solche Kristalle konnten in unserer Probe nicht gefunden werden. Das Auftreten solcher Kristalle kann, wie Malajczuk & Cromack bereits vermuteten (l.c.) auf unterschiedliche Bodenverhältnisse zurückzuführen sein.

Baxter (1928) identifizierte zwar die Mykorrhiza von R. luteolus an Pinus silvestris er legte aber keine Beschreibung vor.

Mycorrhizen der Gattung Rhizopogon in der Literatur

Bemerkenswert ist die Beschreibung der Mykorrhiza von R. vinicolor A.H.Smith an Pseudotsuga menziesii von Zak (1971). R. vinicolor bildet eine knollige Mykorrhiza mit differenzierten Rhizomorphen. Die Organisation der Rhizomorphe ist gleich der für R. luteolus charakterisierten. Zusätzlich fand Zak, daß die Knollenhülle aus den gleichen Hyphen besteht, wie die äußeren Hyphen der Rhizomorphen. Mit KOH veränderte sich die Farbe der Knollenrinde von R. vinicolor nach Grün, die Farbe des Mykorrhizenmantels und der Hyphen der Knolle zu einem leichten Rosa. Die Synthese einer Mykorrhiza aus R. vinicolor mit Pseudotsuga menziesii ergab eine pinnate Mykorrhiza ohne einhüllenden Pilzmantel (Zak l.c.). Die beschriebene KOH-Reaktion konnte bei R. luteolus nicht beobachtet werden.

Kurzbeschreibungen der Mykorrhizen von R. subsalmonius,

R. parksii, R. colossus an Abies concolor und R. villosulus an Pseudotsuga menziesii finden sich bei Acsai (1983) aber diese Beschreibungen sind zu knapp, um mit vorliegender oder jener bei Zak (1971) verglichen werden zu können.

Die Mykorrhiza von R. rubescens Tul. an Pinus silvestris wurde von Fontana & Centrella (1967) beschrieben. Diese Mykorrhiza soll einen zweischichtigen Mantel besitzen, dessen äußerer Teil locker, der innere Teil dichter verwoben ist; der Mantel ist 24 bis 32µm dick und die Hyphen 1,6 bis 3,2µm im Durchmesser; abziehende Hyphen ohne Schnallen und mit Inkrustationen. Die Identifizierung erfolgte durch Analogievergleich der Hyphenmerkmale des Fruchtkörpers, der Reinkultur und der Mykorrhiza. Die Merkmale der synthetisierten Mykorrhiza von R. rubescens an Pinus silvestris, beschrieben von Pachlewski & Pachlewska (1974), bestätigen die Beschreibung von Fontana & Centrella (l.c.).

Baxter (1928) identifizierte die Mykorrhiza von R. rubescens an Pinus silvestris durch Nachweis verbindender Hyphen zwischen Fruchtkörper und Mykorrhiza, aber er gab keine Beschreibung.

Totten (1923) beschrieb eine parasitische Art von Rhizopogon, R. parasiticus Coker & Totten (Smith & Zeller 1966), die die Wurzel des Wirts, die von einer "Peridie" eingeschlossen seien, vollständig absorbiert. Die Zeichnung eines Längsschnittes zeigt einen zweischichtigen Mantel und ein gut entwickeltes Hartigsches Netz vom Palmetti-Typ. Die zwei Mantelschichten sind durch eine Reihe zusammengedrückter Zellen getrennt. Diese Anordnung erinnert deutlich an die hier beschriebene Mykorrhiza von R. luteolus. Unglücklicherweise gibt Totten (l.c.) keine Beschreibungen oder Zeichnungen von Details der Rhizomorphen, obwohl er sie offensichtlich gesehen hat.

Zusammenfassung der Literaturdiskussion: Wenn man die oben zitierten Beschreibungen zusammenfaßt, könnte man

die folgenden Merkmale als gemeinsam für die bis jetzt charakterisierten Mykorrhizen der Gattung Rhizopogon ansehen: a) plectenchymatischer, zweischichtiger Mantel; b) hoch differenzierte und dicke Rhizomorphen; c) zumindest einige Hyphen mit Inkrustationen. Die Tatsache, daß die Mykorrhiza von Rhizopogon luteolus keine Reaktion auf KOH zeigt, könnte ein spezielles Merkmal von Rhizopogon luteolus sein, da auch Fruchtkörper dieser Art diese Reaktion nicht aufweisen, während Fruchtkörper anderer Rhizopogonarten auf KOH positiv reagieren (Smith & Zeller, 1966).

Abbildung 18.1

Rhizopogon luteolus

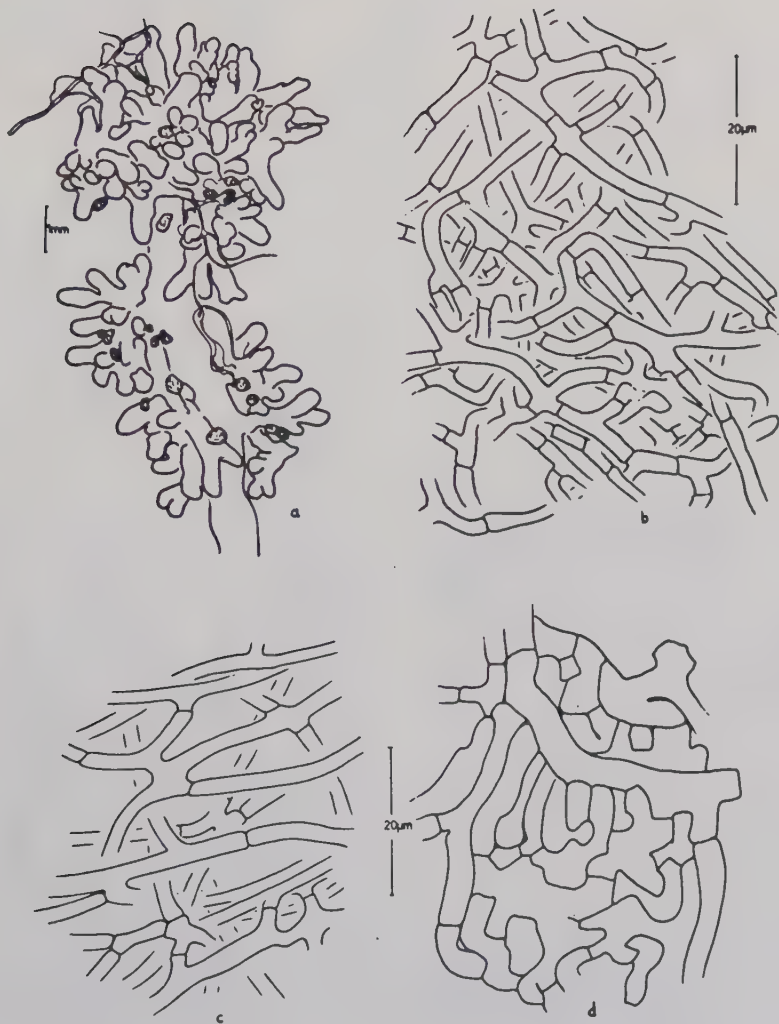


Abbildung 18.2

Rhizopogon luteolus

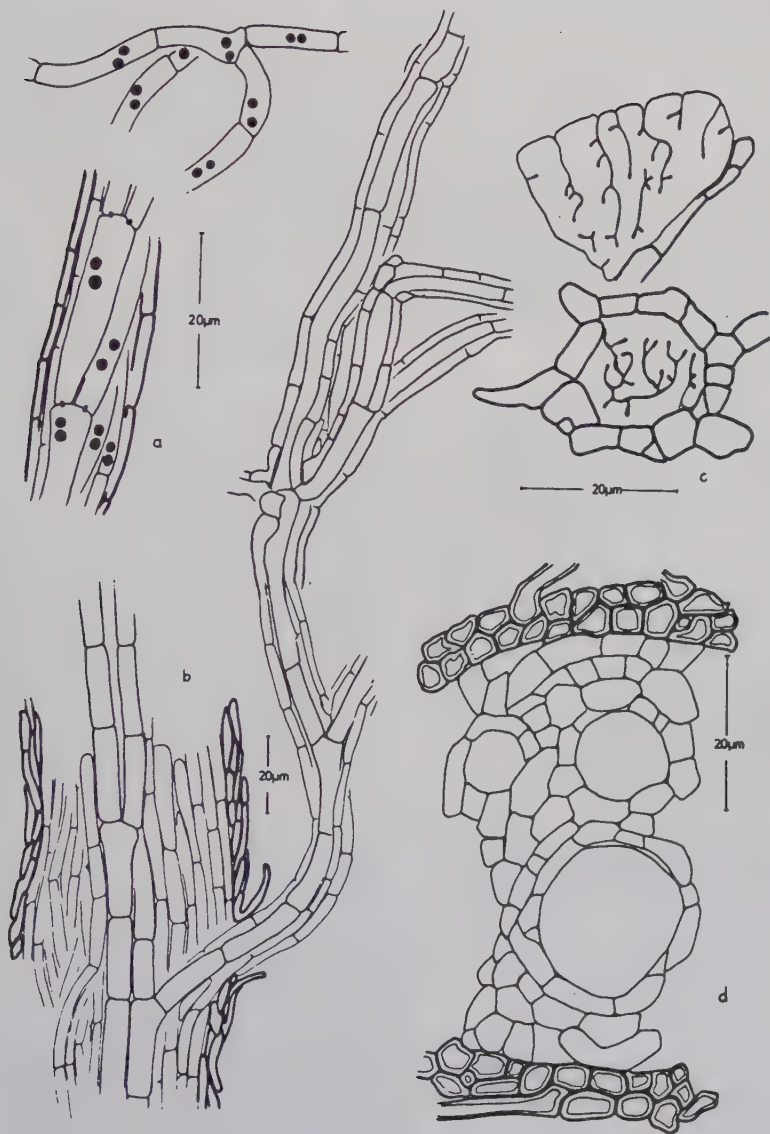


Abbildung 18.3

Rhizopogon luteolus

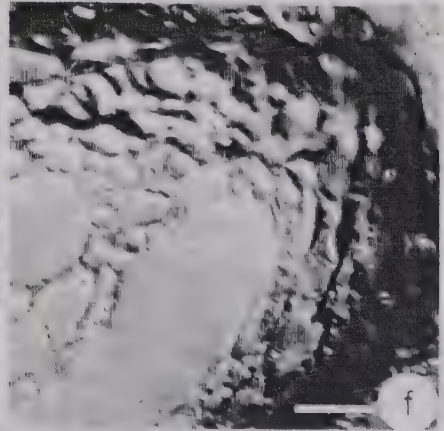
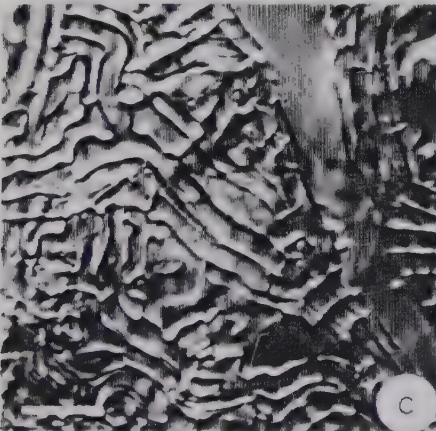
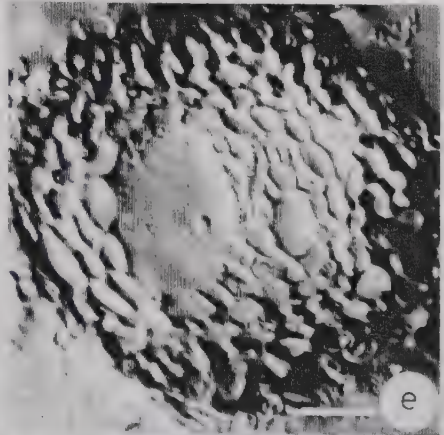
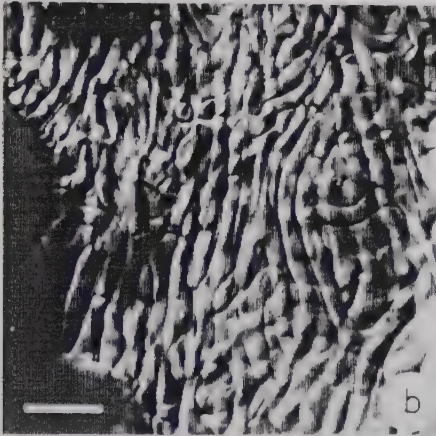
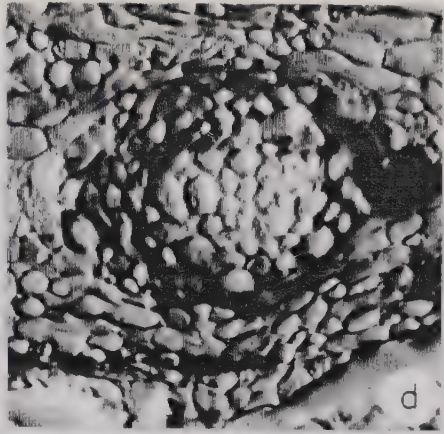
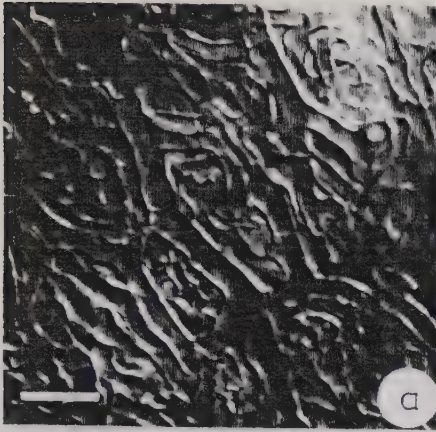


Abbildung 18.4

Rhizopogon luteolus

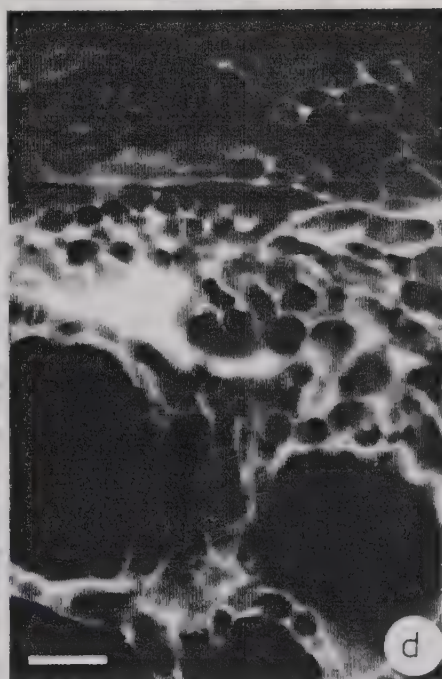
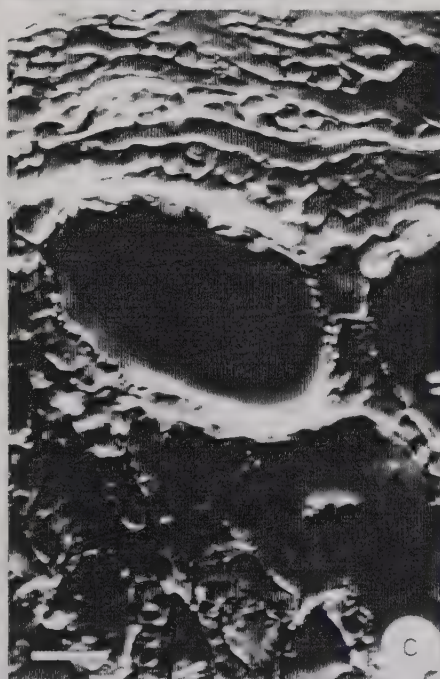
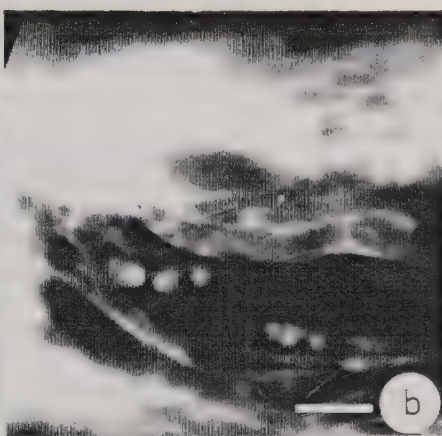
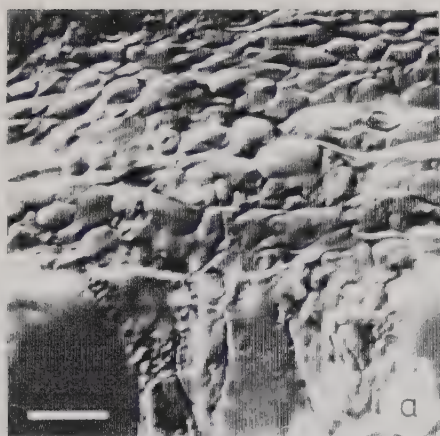


Abbildung 18.1

a) Habitus der Mykorrhiza von *Rhizopogon luteolus* an *Pinus silvestris*; b) Mantel, mittlere Schicht; c) äußerste, lockere Mantelschicht; d) Mantelinnenseite Alle Abbildungen von UM-D50.

Abbildung 18.2

a) Kernfärbung in Rhizomorphen und abziehenden Hyphen (oben); b) Längsschnitt durch eine Rhizomorphe mit Verzweigung; c) Aufsicht auf Hartigsches Netz -Palmetti-Typ; d) Querschnitt durch Rhizomorphe. Alle Abbildungen von UM-D50

Abbildung 18.3

a) Mantelaufsicht; b) Mantel, mittlere Schicht; c) Mantel, innere Schicht; d) Rhizomorphe, quer geschnitten, noch im Mantel integriert; e) mittlere Rhizomorphe, quer; f) sehr große Rhizomorphe mit ausgeprägten Zentralhyphen und "Rinden"-hyphen. Alle Abbildungen von UM-D50; Maßstab 10µm. Alle Abb. von UM-D50; Maßstab 10µm.

Abbildung 18.4

a) Längsschnitt durch die Mykorrhiza mit Mantel, Tanninzellen, Rindenzellen und Hartigschem Netz; b) Fluoreszenzmikroskopische Aufnahme eines Rhizomorphenlängsschnittes; c) Querschnitt durch die Mykorrhiza mit Mantel, Tanninzellen, Rindenzellen und Hartigschem Netz; d) Fluoreszenzmikroskopische Aufnahme eines Querschnittes durch die Mykorrhiza; e) Mantelinnenansicht, Fluoreszenzaufnahme; f) Mantelaufsicht, Fluoreszenzaufnahme. Alle Abb. von UM-D50;

SUILLUS COLLINITUS (Fr.) O. Kuntze (Abb. 19.1-19.4)

AN PINUS SILVESTRIS

Referenzbeleg: Deutschland, Bayern, München, Oberschleißheim, Kiefernwald, 05.09.1986, Fruchtkörper UM-161 und Mykorrhiza UM-020 in M.

Morphologie (Abb. 19.1.a)

Mykorrhizensystem koralloid und zwischen 3 und 5 mm lang, die Mykorrhiza gabelig verzweigt; Spitzen gerade; unverzweigte Seitenenden bis 0,5-0,6 mm lang und 0,35 - 0,4 mm im Durchmesser; Oberfläche locker wollig; umhüllendes Mycel rosa; unverzweigte Seitenenden rotbraun; Spitzen rotbraun; ältere Partien etwas dunkler rotbraun.

Anatomische Merkmale der Oberfläche

Mantelaufsicht (Abb. 19.1.b-d, 19.3.a) plectenchymatisch bis netzartig; Hyphen zum Teil gestreckt, zum Teil mehrfach verzweigt; Hyphen 3-4 µm im Durchmesser; Zellwand bis 0,5 µm dick; Hypheninhalt und -wände gelblich; Inkrustationen gelb; keine Cystiden.

Tieferliegende Schichten Pseudoparenchymatisch durch eng aneinanderliegende zum Teil stark gebuchtete Zellen; 3-4 µm im Durchmesser; Zellwand bis 0,5 µm; Hypheninhalt und Wände leicht gelblich (Abb. 19.3.b). Mantelinnenansicht (Abb. 19.1.e, 19.3.c) dichter als darüberliegende Schichten; Zellen 2-(3) µm dick; Zellwand bis 0,5 µm.

Abziehende Hyphen 3-4 µm im Durchmesser; stark inkrustiert, Inkrustationen gelb (Abb. 19.1.g, 19.2.c+d, 19.4e).

Rhizomorphen (Abb. 19.2.a,b,e, 19.3.d, 19.4.a) mehr oder weniger senkrecht abziehend; Durchmesser bis zu 80 µm; Rhizomorphen differenziert; dünne Hyphen: 3-4 µm im Durchmesser; Septenabstand 10-35 µm; Zellwand bis zu 0,5 µm dick; dicke Hyphen: 8-10 µm im Durchmesser; Septenabstand 25-40 µm; Zellwände bis zu 0,5 µm dick; Hypheninhalt und -wände leicht gelb; Zusammenhalt durch Verzweigungen und Anastomosen (Abb. 19.2.c).

Anatomische Merkmale im Querschnitt (Abb. 19.4.b)

Mantel in äußeren Partien plectenchymatisch, 20-25µm dick, zwei Schichten erkennbar, durch eine Schicht kollabierter Reste von Kalyptrazellen, 1µm dick, getrennt; Hyphen der äußeren Schicht: tangential 5-20 und mehr (Abziehende Hyphen), radial 2-5; mittlere Schicht (außen auf den kollabierten Zellen aufliegend): tangential 3-4(-5)µm, radial 2-5µm; innerste Schicht (den ersten Rindenzellen anliegend): tangential 4-6 radial 2-3µm;

Tanninzellen sehr wenige, polygonal geformt mit konkaven Wänden; zusammengedrückt; tangential 5-15µm, radial 3-10µm; TCt= 12µm; TCq 1,7.

Rindenzellen rundlich; 3-4 Reihen; tangential 15-45(50)µm, radial 15-30(40)µm; CCT: 27,5µm; CCq: 1,7;

Hartig'sches Netz: 1-2 Hyphenreihen um die Rindenzellen; Durchmesser bis 6µm, Form unregelmäßig quaderförmig; die wenigen Tanninzellen in den inneren Teil des Mantels eingebettet.

Anatomische Merkmale im Längsschnitt (Abb. 19.4.c)

Mantelhyphen äußere Schicht: tangential 2-5µm, radial 2-4µm; mittlere Schicht (außen auf den kollabierten Zellen aufliegend): tangential 3-4µm, radial 2-3µm; innerste Schicht (den ersten Rindenzellen anliegend): tangential 3-6µm, radial 3-5µm; Tanninzellen unregelmäßig zusammengedrückt, tangential 20-60µm, radial 3-10µm; TCt: 37,3µm; TCq 6,5. Rindenzellen mehr oder weniger rund, wenige verlängert, radialoval; tangential 15-35(40)µm, radial 15-30(40)µm; CCT: 28,3µm; CCq: 1,2; z.T. mit verdickten Zellwänden (Abb. 19.4.d); Hartig'sches Netz vom Palmetti-Typ, Loben 1-2(-4)µm breit (Abb. 19.1.f).

Farbreaktionen in verschiedenen Reagenzien

Anilin: graubraun; Brillant Kresyl Blau: blau, nach Auswaschen mit Wasser Ränder leicht violett; Baumwollblau: Inkrustationen hellblau; Formalin 40%: --; Guaiac: --; Eisen-sulfat: --; KOH: Inkrustationen rötlich; Melzer's Reagenz: --; Phenol: --; Phenol-Anilin: --; Säure-Fuchsin: --; Sulfo Vanillin: --.

Autofluoreszenz

Ganze Mykorrhiza: UV 254 nm: --- ; UV 366 nm: --- ; Mantelhyphen: UV-filter (340-380nm): --; Blaufilter (450-490nm): leicht gelblich; Grünfilter (530-560nm): --. Rhizomorphen: UV-Filter: blau; Blaufilter: gelb; Grünfilter: --.

Kernfärbung

Zwei Kerne pro Zelle; Kerne liegen eng benachbart (Abstand 5-10µm), rund, 1,5-2µm im Durchmesser; ohne siderophile Granulation (Methode Acetocarmin).

Verwendetes Material und Identifikation

Referenzbeleg; Direkte Verbindungen zwischen Fruchtkörper und Mykorrhiza konnten nachgewiesen werden.

Mykorrhizen von Suillus collinitus in der Literatur

In der Literatur findet sich keine Beschreibung der Mykorrhiza von Suillus collinitus. Aus der Fülle der Beschreibungen anderer Mykorrhizen der Gattung Suillus seien die wichtigsten herausgegriffen.

Die Beschreibungen von Melin (1924; Boletus variegatus, Boletus luteus und Boletus granulatus) sind zu knapp, um einen Vergleich zu ermöglichen.

Fassi & deVecchi (1962) beschrieben die Mykorrhiza von Ixocomus (= Suillus) granulatus an Pinus strobus als weiß, Rhizomorphen weiß bis nußbraun (im Alter), mit größerer Zentralhyphe; abziehende Hyphen mit tropfenförmigen Inkrustationen; Mantel pseudoparenchymatisch mit unregelmäßigen, kleinen Zellen. Dazu wird erwähnt, daß die Mykorrhizen von Suillus bovinus und S. luteus genauso aussehen würden.

Mit den wenigen Merkmalen, die beachtet wurden, ist ein sinnvoller Vergleich nicht möglich.

Trappe (1967) synthetisierte u.a. die Mykorrhiza von Suillus subolivaceus an Pseudotsuga menziesii. Er gibt an: Mykorrhiza blaß lederfarben-rosa, Oberfläche leicht filzig mit einigen anliegenden und abziehenden Rhizomorphen; unregelmäßig pinnat verzweigt, 1-10mm lang, 0,4-0,6µm im Durchmesser; Mantel plectenchymatisch, innen kompakt, außen locker; kollabierte Rindenzellen im Mantel eingeschlossen, Mantel 30-100µm dick, Hyphen dünnwandig, 1,5-4µm im Durchmesser, keine Schnallen, rötliche Granula in Mantelzellen; Anastomosen unregelmäßig; Hyphen inkrustiert; Rhizomorphen 12-100µm dick, Zentralhyphne 3-6µm, andere 1,5 - 2µm. Zusätzlich gibt Trappe (l.c.) an, daß die Mykorrhizen von Suillus granulatus an Pinus strobus von gleicher Morphologie gewesen seien, wobei er sich auf den o.a. Artikel von Fassi & deVecchi (1962) bezieht. Dies ist verwunderlich, da es sich um zwei verschiedene Baumarten handelt, wobei für die Mykorrhiza an Pinus strobus eine gabelige Wuchsform zu erwarten wäre.

Suggs & Grand (1972) synthetisierten u.a. die Mykorrhizen von Suillus brevipes, Suillus cothurnatus, Suillus granulatus, Suillus hirtellus und Suillus pictus an Pinus serotina. Gemeinsam ist allen hier synthetisierten Mykorrhizen ein brauner, filziger Mantel, der eine weißliche, lockere Hyphenaufgabe zeigt. Die Arten würden sich durch Anwesenheit oder Fehlen von Rhizomorphen und Schnallen trennen lassen. Die Beschreibungen sind insgesamt etwas dürftig. Besonders über die Organisation der Rhizomorphen werden keine Angaben gemacht.

Riffle (1973) synthetisierte u.a. die Mykorrhiza von Suillus granulatus an Pinus ponderosa. Sie sei braun bis hellbraun, filzig, mit abziehendem Mycel und abziehenden Rhizomorphen, dichotom verzweigt bis koralloid. Der Mantel sei 14-68µm dick und zweischichtig, wobei die äußere Schicht sehr locker, die innere dagegen kompakt verwoben sei. Die Hyphenwände seien 0,8 - 1,2µm dick und die Hyphen 1,7-5,3µm im Durchmesser. Hartigsches Netz ist gut entwickelt (Hyphen 1,6-4,8µm im Durchmesser), 1-5

Schichten zwischen den Rindenzellen (Maße: 7 - 39,5µm im Durchmesser).

Danielson (1984) beschreibt die Mykorrhiza von Suillus tomentosus an Pinus elliottii als dichotom bis korallloid, 2-4mm lang, Spitzen mit filzigem Mycel umgeben, durch Lufteschluß weiß schimmernd, nach Zusammendrücken lederfarben, Mantel 20-40µm dick, Hyphen 2-2,5(4)µm dick, ohne Schnallen, glatt oder mit harzähnlichen Inkrustationen.

Kottke (1986) beschreibt u.a. die synthetisierten Ektomykorrhizen von zwei Suillus-Arten an Pinus silvestris (Suillus granulatus, S. placidus), zwei an Larix leptolepis (S. tridentinus, S. grevillei) und eine an Picea abies (S. bovinus). Als gemeinsames Merkmal wird ein lockeres, verfilztes Myzel angegeben, dessen Hyphen Wandauflagerungen von tropfenförmiger Gestalt tragen. Dies trifft auch für das umhüllende rosa Mycel der hier beschriebenen Ektomykorrhiza von S. collinitus zu.

Kottke (l.c.) beobachtete bei den beschriebenen Ektomykorrhizen aber sehr viel dickere Mäntel. Dies könnten jedoch Synthese-Artefakte sein. Möglich wäre allerdings auch, daß S. collinitus in Hinblick auf die Manteldicke eine Sonderstellung einnimmt.

Zusammenfassend kann aus der Literaturdiskussion gefolgert werden, daß sich die in dieser Arbeit beschriebene Ektomykorrhiza von Suillus collinitus in die Reihe der bereits charakterisierten Ektomykorrhizen aus der Gattung Suillus einordnen läßt. Leider fehlen bei allen Literaturbeschreibungen Angaben über die Organisation der Rhizomorphen.

Auch scheinen bei den Synthesen die jeweiligen Pilzpartner in ihrer Entwicklung zu überwiegen, worauf die dicken Mäntel (Kottke 1986; Trappe 1967) und das mehrschichtige Hartigsche Netz (Riffle 1973) hindeuten (How 1942). Dudrige & Read (1984c) weisen in dem Zusammenhang auf die zu gute Ernährung des Pilzpartners durch die künstlichen Medien hin.

Zu den von How (l.c.) genannten Kennzeichen eines Übergewichts des Pilzpartners zählen jedoch auch verdickte Zellwände der Rindenzellen und Hyphenmäntel, die abgesprengte Rindenzellen umschließen. Diese beiden Merkmale konnten auch bei der hier aus dem Freiland beschriebenen Ektomykorrhiza von S. collinitus beobachtet werden.

Während bei synthetisierten Mykorrhizen ein Übergewicht des Pilzpartners durch seine optimale Ernährung zustandekommt, könnte man im Freiland eher eine -hier zumindest leichte- Schwächung des Wirts, und dadurch relativ ebenfalls ein Überwiegen des Pilzpartners, in Erwägung ziehen. Es wären aber auch im Freiland Situationen denkbar in denen der Pilz überoptimal mit Zuckern versorgt würde.

Auch die blasenförmigen Einstülpungen des Hartigschen Netzes in die äußersten Rindenzeilen könnte man in dieser Richtung deuten, obwohl es sich noch nicht um intrazelluläre Infektionen handelt.

Auch bei dieser Beschreibung zeigt sich, daß die hier vorgelegten Beschreibungen sicher nicht den Anspruch haben, endgültig zu sein. Vielmehr bieten sie eine erste Basis, auf der die Ontogenie der Ektomykorrhizen besonders auch unter Einfluß von Baumart, Standort oder von Umweltfaktoren studiert werden kann.

Abbildung 19.1

Suillus collinitus

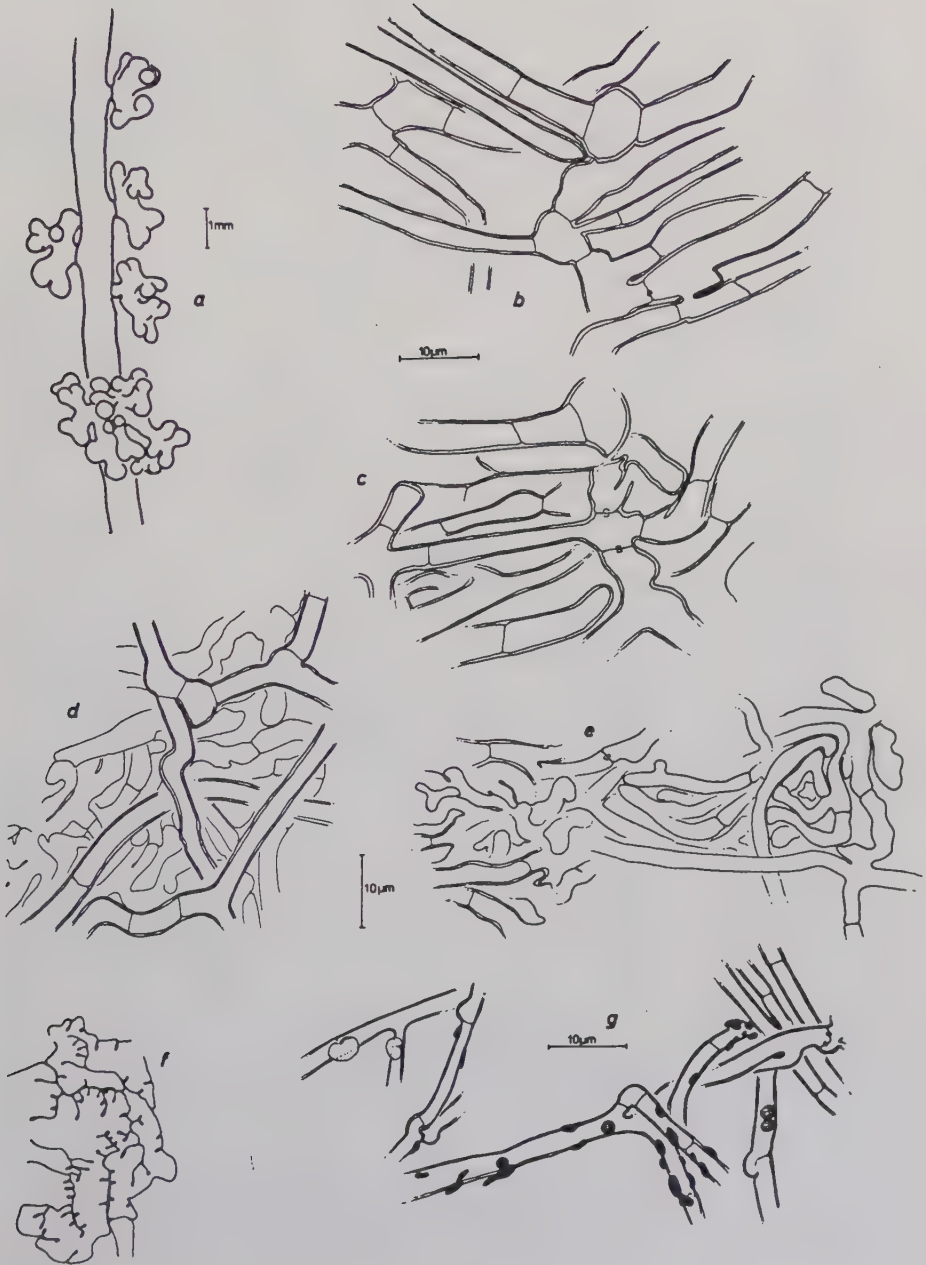


Abbildung 19.2

Suillus collinitus

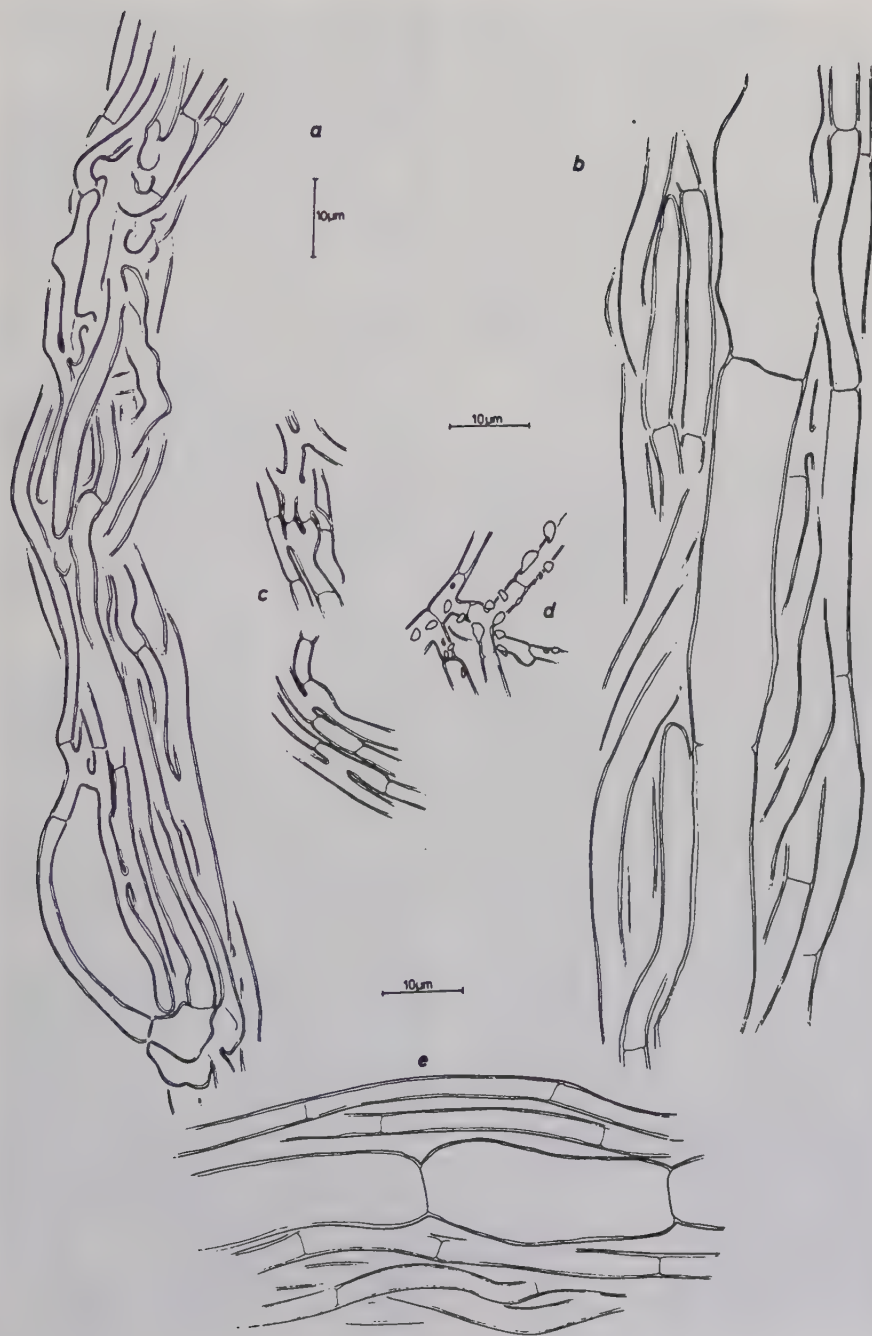


Abbildung 19.3

Suillus collinitus

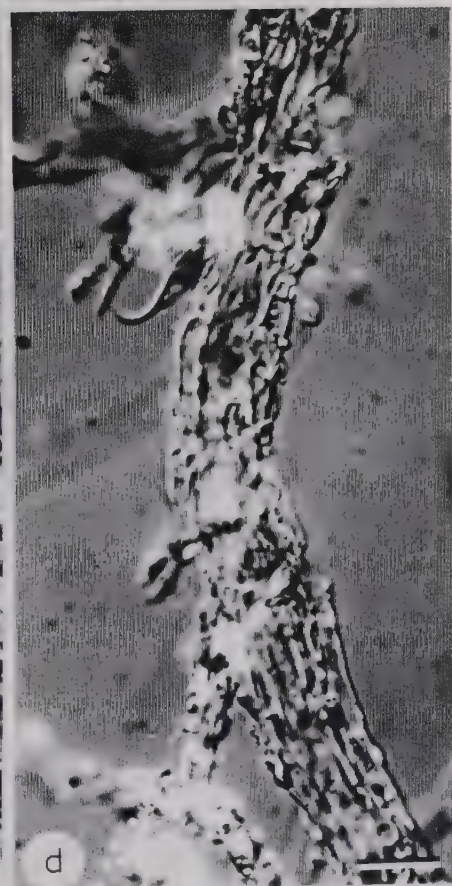
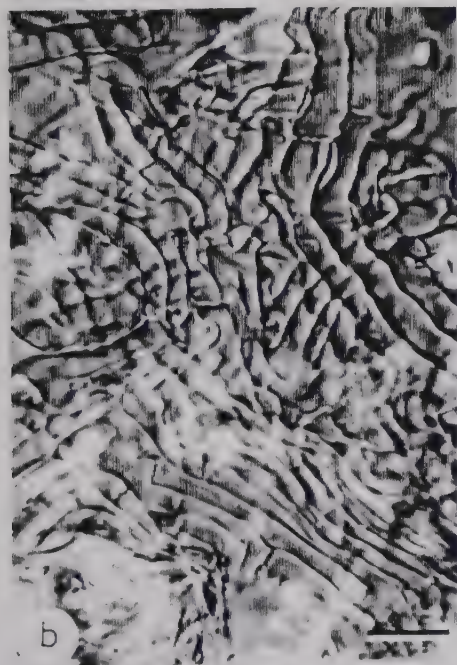
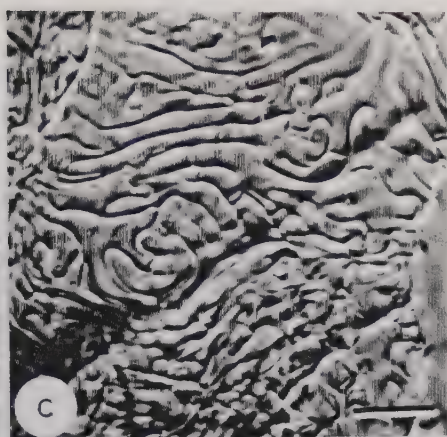


Abbildung 19.4

Suillus collinitus

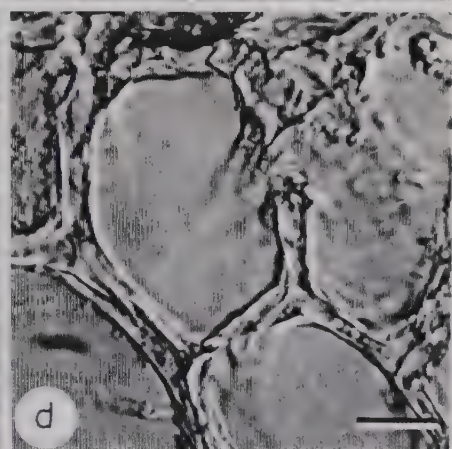
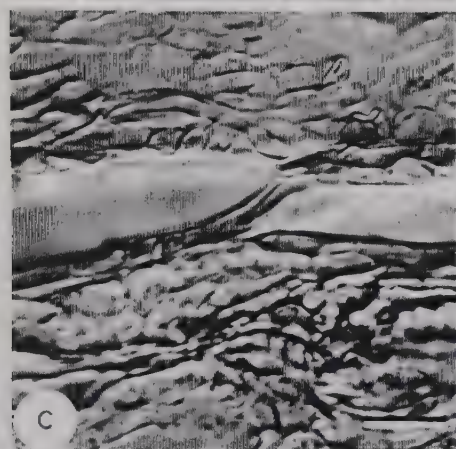
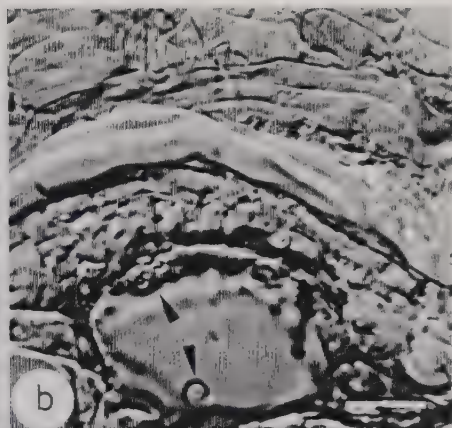
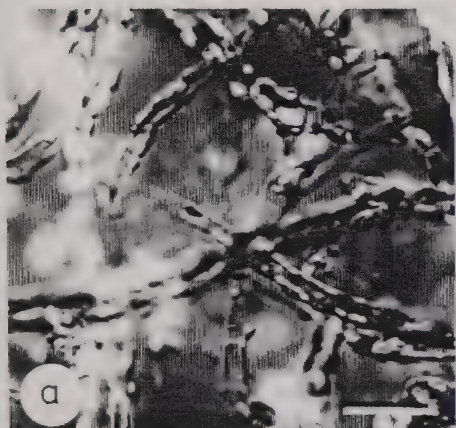


Abbildung 19.1

a) Habitus der Mykorrhiza von *Suillus collinitus* an *Pinus silvestris*; Maßstab 1mm; b), c) und d) Details der Mantelaufsicht, bei d) tiefere Schichten mitgezeichnet; e) Mantel, innere Schicht; f) Aufsicht auf Hartigsches Netz -Palmetti-Typ; g) abziehende Hyphen mit Inkrustationen. Alle Abb. von UM-O20.

Abbildung 19.2

a) Junge Rhizomorphe, Aufsicht; b) ältere Rhizomorphe mit Zentralhyphe, Septum z. T. aufgelöst; c) abziehende Hyphe mit typischen Hyphenverbindungen (Anastomosen); d) abziehende Hyphen, inkrustiert gezeichnet; e) Rhizomorphe mit Zentralhyphe. Alle Abb. von UM-O20.

Abbildung 19.3

a) Mantelaufsicht; b) Mantel, mittlere Schicht; c) Mantel, innere Schicht; d) Rhizomorphe mit Zentralhyphe am Septum eingezogen (Pfeil) Alle Abb. von UM-O20; Maßstab 10µm.

Abbildung 19.4

a) abziehende Hyphen, inkrustiert b) Querschnitt durch die Mykorrhiza mit Mantel, Tanninzellen, Rindenzellen und Hartigschem Netz; mit Wandeinstülpungen in das Zellumen; c) Längsschnitt durch die Mykorrhiza; d) Rindenzellen, von Hartigschem Netz umgeben, mit verdickten Zellwänden; Alle Abb. von UM-O20; Maßstab 10µm.

TYLOPILUS FELLEUS (Bull.:Fr) P.Karst (Abb. 20.1-20.4)
AN PINUS SILVESTRIS

Referenz Probe: Deutschland, Bayern, Kelheim, Siegenburg, Kiefernwald, 25.9.1986 Fruchtkörper UM-186 und Mykorrhiza UM-D40 beide in M.

Morphologie (Abb. 20.1.a)

Mykorrhizensystem locker gabelig verzweigt und bis 2 mm lang; Spitzen gerade; unverzweigte Seitenenden 0.4 - 0.6 mm lang und 0.4 mm im Durchmesser; Oberfläche dicht strähnig bis faserig; unverzweigte Seitenenden weiß; Spitzen und ältere Partien ebenfalls weiß.

Anatomische Merkmale der Oberfläche

Mantelaufsicht (Abb. 20.1.c, 20.2.a, 20.3.a) sehr dicht plectenchymatisch, netzartig verwoben; Hyphen in äußeren Mantelpartien 3-4µm, im Innern gedrungene Hyphen mit Durchmessern bis 6µm; Zellwand unauffällig; Hypheninhalt und -wände leicht gelb; keine Cystiden.

Mantelinnenansicht (Abb. 20.1.e, 20.3.c) plectenchymatisch, dicht verwoben, Hyphen 4-6µm im Durchmesser; Zellwand unauffällig; Hypheninhalt und -wände leicht gelb.

Abziehende Hyphen (Abb. 20.1.b) wiederholt verzweigt, 4-5µm im Durchmesser.

Rhizomorphen (Abb. 20.2.b+c, 20.3.f+g, 20.4.a+b) senkrecht abgehend; Durchmesser bis zu 400µm; weiß; Verzweigungen mit Knoten; differenziert in dünnere, einhüllende Hyphen und sehr dicke Zentralhyphen; Zentralhyphen: 12 - 20µm im Durchmesser; Septenabstand bis 100µm; Zellwand 0.5µm; Septen bis 1µm verdickt; einhüllende Hyphen: 5-8µm im Durchmesser; Septenabstand 30 - 40µm; Zellwände unauffällig; Hypheninhalt und -wände leicht gelb; keine Schnallen.

Anatomische Merkmale im Querschnitt (Abb. 20.4.c)

Mantel pseudoparenchymatisch, 40 - 50µm dick; keine Schichten erkennbar; Hyphen radial 3-8µm, tangential 3-15µm.

Tanninzellen tangential verlängert, sehr stark zusammenge-
drückt, in einer Reihe; tangential 20 - 50µm, radial
10 - 20µm; TCt=35.8µm; TCq 2.3.

Rindenzellen rundlich; 3 - 4 Reihen; tangential (30)40-
60µm, radial 25 - 50µm; CCT =42.5µm; CCq:1.2; manche mit
blasigen Einstülpungen des Hartigschen Netzes (Abb.
20.3.d)

Hartigsches Netz: eine Hyphenreihe um die Rindenzellen
und um die Tanninzellen; Hyphen des Hartigschen Netzes
radial verlängert 2 - 4µm dick; nicht die Endodermis er-
reichend.

Anatomische Merkmale im Längsschnitt (Abb. 20.4.d)

Mantelhyphen radial 3 - 7µm, tangential 4 - 13µm und
mehr; Tanninzellen unregelmäßig zusammengedrückt, tan-
gential (25)30 - 50(70)µm, radial 10 - 20µm; TCt= 46 µm;
TCq: 2.9.

Rindenzellen mehr oder weniger rund, wenige verlängert,
radialoval; tangential (20)30-40(50)µm, radial (15)30-
50(60)µm; CCT=32.3µm; CCq:0.9;

Hartigsches Netz vom Palmetti-Typ, Loben 3 - 4µm breit
(Abb. 20.1.d).

Farbreaktionen in verschiedenen Reagenzien

Anilin: --; Brillant Kresyl Blau: blau, nach Waschen mit
Wasser Ränder des Mantelstückes violett; Baumwollblau:
--; Formalin 40%: --; Guaiac: --; Eisen-sulfat: Tannin-
zellen oliv, sonst braun; KOH: --; Melzer's Reagenz: --;
Phenol: --; Phenol-Anilin: --; Säurefuchsin: --; Sulfo
Vanillin: Zellwände hellbraun, nicht rot werdend.

Autofluoreszenz (Abb. 20b,d-f)

Ganze Mykorrhiza: UV 254 nm: --- ; UV 366 nm: --- ; Man-
telhyphen : (in Milchsäure) UV-filter (340-380nm): grün;
Blaufilter (450-490nm): grüngelb; Grünfilter (530-
560nm): ---; Tanninzellen: Blaufilter: rotorange; Rhizo-
morphen: (in Milchsäure) UV-filter (340-380nm): leicht
bläulich; Blaufilter (450-490nm) leicht gelblich;

Kernfärbung (Abb. 20.3.e+f)

Ein bis zwei Kerne pro Zelle (Methode: Acetocarmin); Kernabstand ist unregelmäßig; Kerne rund, 0.8 - 1.5µm im Durchmesser; ohne siderophile Granulation.

Verwendetes Material und Identifikation

Referenzbeleg; Direkte Verbindungen zwischen Fruchtkörper und Mykorrhiza konnten nachgewiesen werden. Weiterer untersuchter Beleg: Deutschland, Bayern, Kelheim, Siegenburg, Kiefernwald, 12.9.1987, Fruchtkörper UM-229 und Mykorrhiza UM-D240 in M.

Mykorrhiza von *Tylophilus felleus* in der Literatur

Es gibt in der Literatur keine Beschreibung einer *Tylophilus felleus* Mykorrhiza. Auch von den nächstverwandten Gattungen *Porphyrellus* und *Strobilomyces* (Singer 1986) gibt es bezüglich Mykorrhizen keine Beschreibungen.

Diskussion

Besonders auffällig waren bei dieser Mykorrhiza die sehr großlumigen Zentralhyphen der Rhizomorphen und deutlich paarig liegenden Zellkerne. Die verdickten Zellwände der Rindenzellen sowie die blasenförmigen Einstülpungen deuten, wie bereits nach der Beschreibung der Ektomykorrhiza von *Suillus collinitus* diskutiert, auf eine mögliche Schwächung des Baumes, und damit ein leichtes Überhandnehmen des Pilzes hin.

Abbildung 20.1

Tylopilus felleus

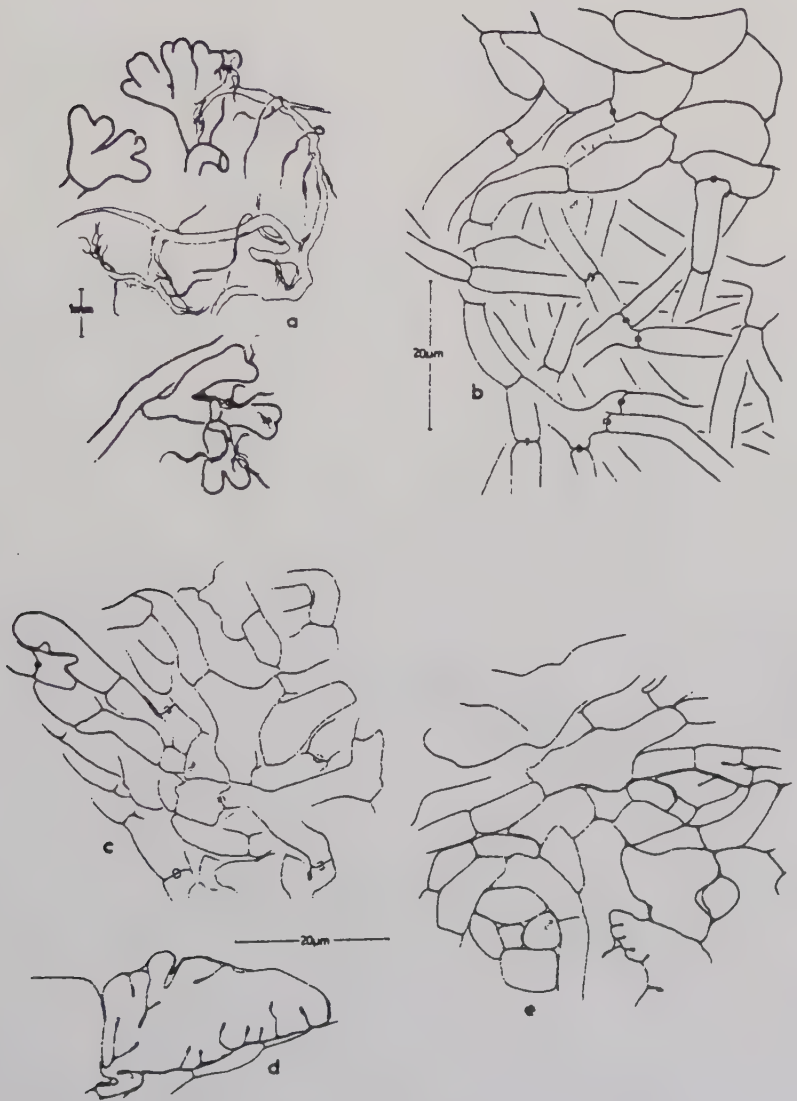


Abbildung 20.2

Tylopilus felleus

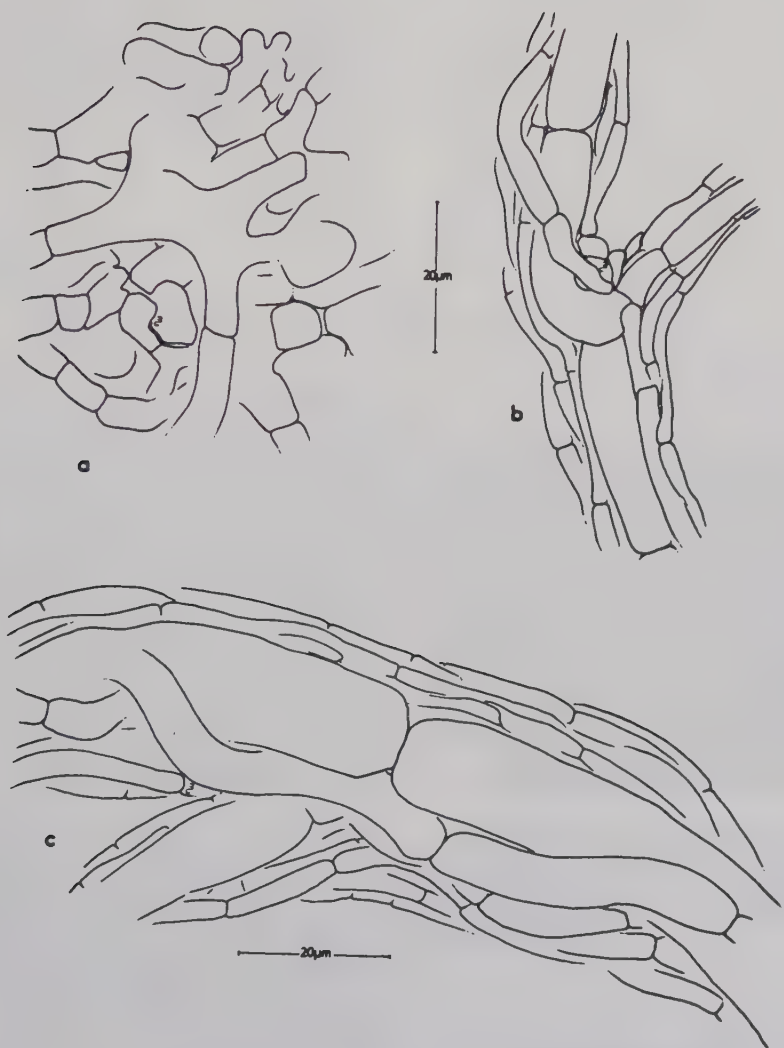
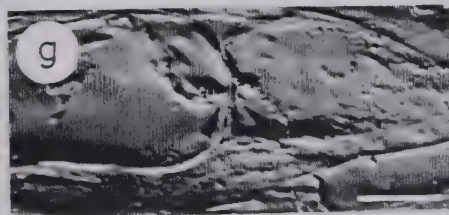
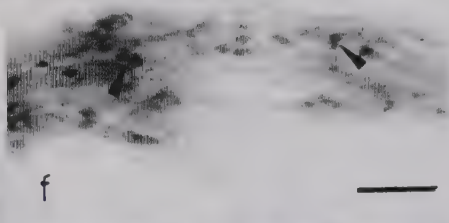
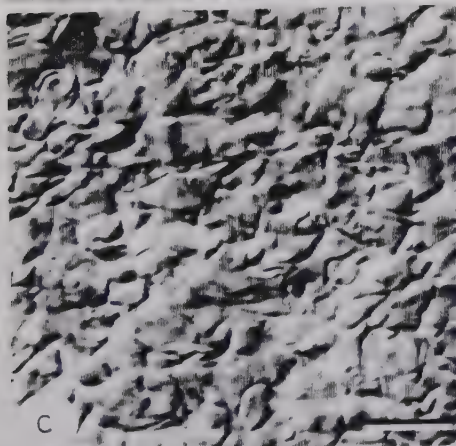
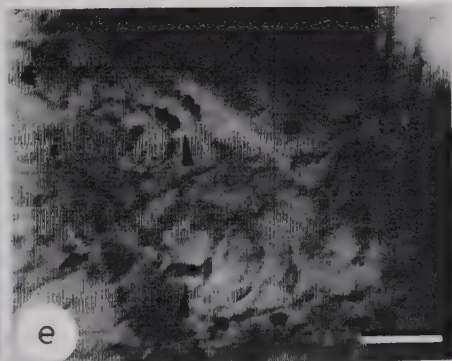
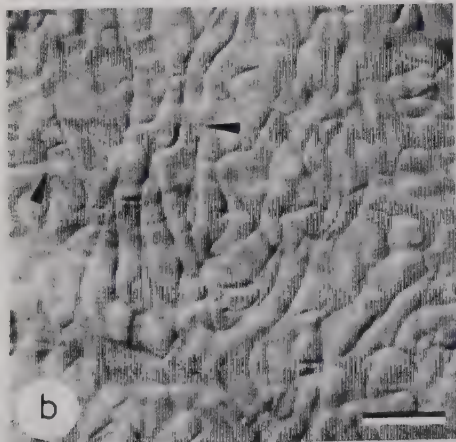
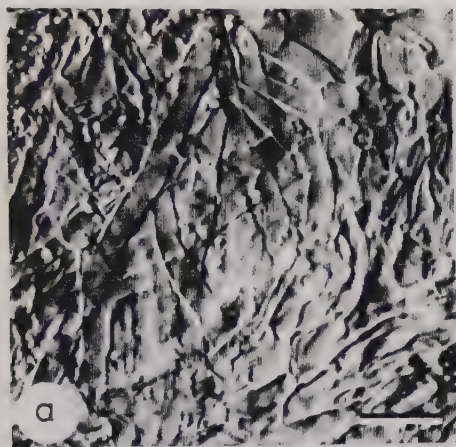


Abbildung 20.3

Tylopilus felleus



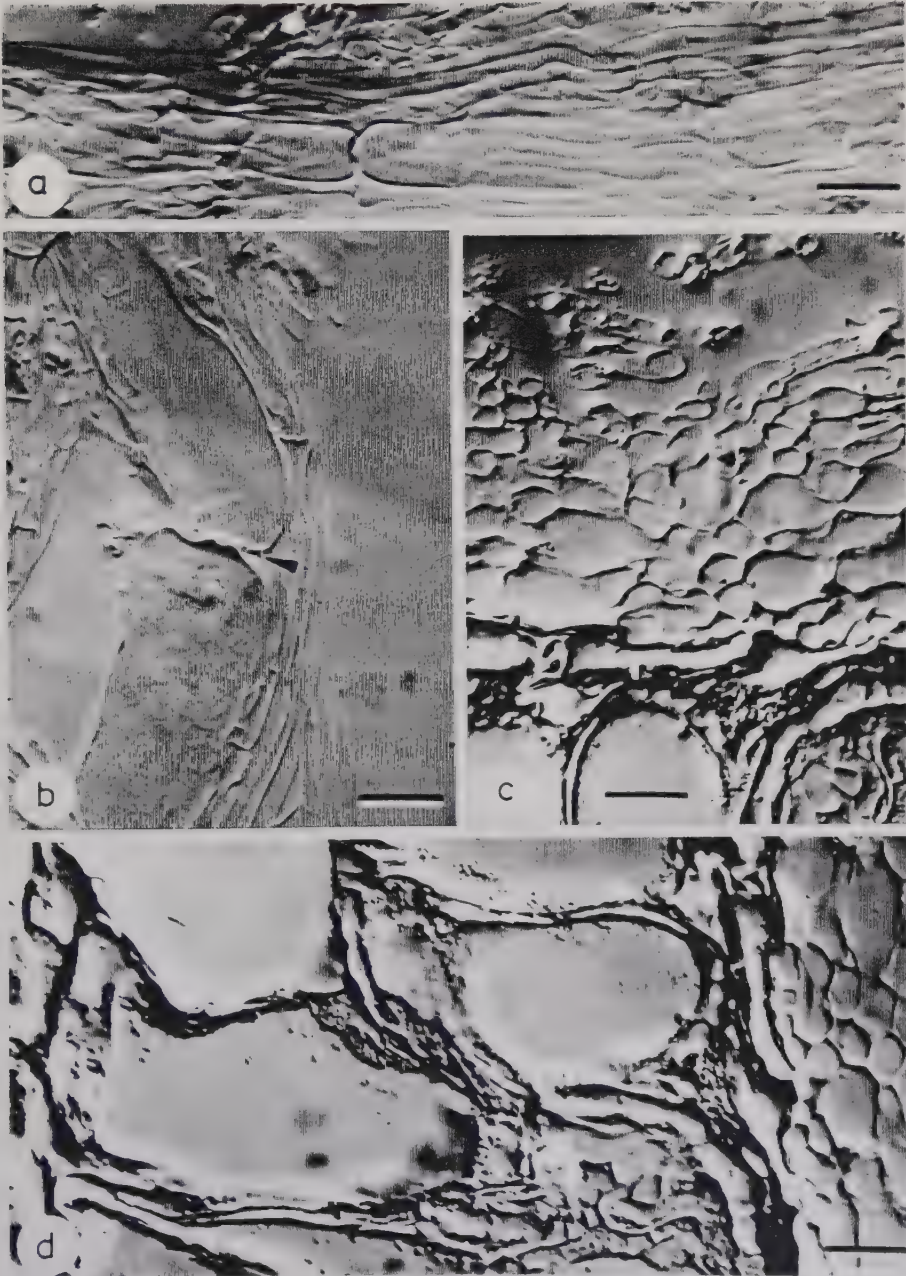


Abbildung 20.1

a) Habitus der Mykorrhiza von *Tylophilus fel-leus* an *Pinus silvestris* b) abziehende Hyphen; c) Mantelaufsicht; d) Aufsicht auf Hartigsches Netz -Palmetti-Typ; e) Mantelinnenansicht. Alle Abb. von UM-D40.

Abbildung 20.2

a) Mantelaufsicht mit abziehenden Hyphen; b) jüngere Rhizomorphe mit Zentralhyphe; c) ältere Rhizomorphe mit sehr dicker Zentralhyphe. Alle Abb. von UM-D40.

Abbildung 20.3

a) Mantelaufsicht; b) Mantel, mittlere Schicht; c) Mantelinnenansicht; d) Wandeinstülpungen; e) Kernfärbung des Mantels mit Paarkernen, siehe Pfeile; f) Kernfärbung einer Rhizomorphe mit Paarkernen, siehe Pfeile; g) Zentralhyphe, Porus beiderseits des Septums mit Auflagerungen. Alle Abb. von UM-D40; Maßstab 10µm.

Abbildung 20.4

a) junge Rhizomorphe mit Zentralhyphe; b) ältere Rhizomorphe mit Zentralhyphe, diese am Septum stark eingezogen; c) Querschnitt durch die Mykorrhiza mit abziehenden Hyphen, Mantel, Tanninzellen, Rindenzellen und Hartigschem Netz, z.T. in Aufsicht -Palmetti-Typ; d) Längsschnitt durch die Mykorrhiza mit Mantel, Tanninzellen, Rindenzellen und Hartigschem Netz. Alle Abb. von UM-D40; Maßstab 10µm.

7. Unidentifizierte Ektomykorrhizen

CENOCOCCUM GEOPHILUM Fr. (Abb. 21.1-21.3)

AN PINUS SILVESTRIS

Referenzbeleg: Deutschland, Bayern, Kelheim, Siegenburg an Pinus silvestris, leg. M. Uhl, 29.10.1986, Mykorrhiza UM-D260, in M.

Morphologie (Abb. 21.1.a)

Mykorrhizensystem bis zu 4mm lang und gabelig verzweigt; unverzweigte Enden bis 1mm lang und 0.4mm im Durchmesser; Form gerade; Oberfläche krustig; schwarz.

Anatomische Merkmale der Oberfläche

Mantelaufsicht (Abb. 21.1.b, 21.2.a) durch Verschmelzen der sehr dicken Zellwände pseudoparenchymatisch erscheinend; Hyphen 5-25µm breit; Zellwand bis zu 4µm, schwarzbraun gefärbt; In tieferen Schichten Abnahme der Zellwanddicke bis unter 0,3µm.

Mantelinnenansicht (Abb. 21.3.b) sehr dicht plectenchymatisch; Hyphen verzweigt, 3-8µm im Durchmesser; keine regelmäßigen Muster erkennbar; Zellwand unauffällig.

Abziehende Hyphen (Abb. 21.1.c, 21.1.d, 21.3.a+c) 8-10µm im Durchmesser; Zellwand bis 2µm; Hyphen zum Teil ohne zum Teil mit Inkrustationen; Septen ohne Schnallen; manchmal intrahyphale Hyphen, von Septen ausgehend.

Rhizomorphen keine.

Anatomische Merkmale im Querschnitt (Abb. 21.3.c)

Mantel: pseudoparenchymatisch, 40-50µm dick; unterscheidbare Schichten; äußerste Schicht: Hyphen tangential 5-25µm, radial 5-7µm, Zellwand bis 4µm; innere Schicht: tangential 3-4µm, radial (3)4-5µm, Zellwand bis 1µm.

Tanninzellen bis zu drei Reihen, unregelmäßig zusammengedrückt mit konkaven Wänden; tangential 20-50µm, radial 5-10µm, TCt = 31,4µm; TCq: 4,2.

Rindenzellen: 3-4 Reihen; rund bis tangential oval, tangential 25-55µm, radial 20-50µm, CCT = 37,5µm; CCq: 1,1;

Hartig'sches Netz: 3-4 Rindenzellenreihen tief; Hartig'sches Netz um die Tanninzellen 5-7µm dick; eine Hyphenreihe; Zellen quaderförmig; Hartig'sches Netz um die Rindenzellen bis 5µm dick, 1 Hyphenreihe; Zellen quaderförmig.

Anatomische Merkmale im Längsschnitt (Abb.21.2.b,21.3.a)

Mantel 20-50µm dick; pseudoparenchymatisch; unterscheidbaren Schichten; äußerste Schicht: Hyphen tangential 6-15µm, radial 4-6µm, Zellwand bis 4µm; innere Schicht: Hyphen tangential 7-25µm, radial 4-6µm, Zellwand bis 1µm.

Tanninzellen unregelmäßig zusammengedrückt, mit konkaven Einbuchtungen; tangential 20-60µm, radial 5-10µm, TCt = 41,4µm; TCq: 5,5.

Rindenzellen meist tangential-oval; tangential (15)20-50µm, radial 20-50µm, CCT = 34,7µm; CCq: 1.04.

Hartig'sches Netz vom Palmetti-Typ mit 2-4µm breiten Löchern (Abb.21.1.e, 21.3.c).

Farbreaktionen in verschiedenen Reagenzien

Anilin: --; Brillant-Kresyl-Blau: --; Baumwollblau: --; Ethanol 70%: --; Guaiac: --; Eisensulfat: --; KOH 15%: Aufhellung; Melzer's Reagenz: --; Phenol: --; Phenol-Anilin: --; Säure-Fuchsin: --; Sulfo-Vanillin: --.

Autofluoreszenz

Ganze Mykorrhiza UV 254nm:--; UV 366nm:--. Mykorrhiza im Querschnitt: UV-filter(340-380nm): --; Blaufilter(450-490nm): --; Grünfilter:(530-560nm): --;

Kernfärbung

1 Kern pro Zelle; Kerne rund mit Durchmessern von 2µm; keine siderophilen Granula (Methode: Acetocarmin).

Verwendetes Material

Referenzbeleg.

Mykorrhizen von *Cenococcum geophilum* in der Literatur

Cenococcum geophilum ist eine oft beschriebene und synthetisierte Mykorrhiza. *Cenococcum* ist ein lange bekannter Ektomykorrhizabildner, der in allen Erdteilen und an

vielen Baumarten (Hatch 1934; Lihnell 1942; Trappe 1962, 1964) und sogar an einigen krautigen Pflanzen (Fontana 1977; Haselwandter & Read 1979) nachgewiesen wurde. Die Literatur dazu sei hier nur zusammengefaßt wiedergegeben. Danach bildet C. geophilum kleine, tief-schwarze Mykorrhizen mit starren, schwarzen abziehenden Hyphen mit stark verdickten Zellwänden. Durch ihr sternförmiges Mantelzellenmuster lassen sie sich leicht erkennen.

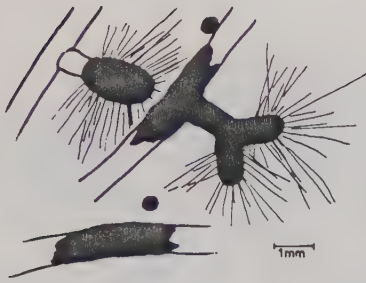
Eine gute Beschreibung lieferte Chilvers (1968) an Eucalyptus, die Darstellungen von Habitus, Mantelaufsichten, von Schnitten und abziehenden Hyphen enthält. Die bei Chilvers (l.c.) erhobenen Merkmale stimmen mit den entsprechenden hier überein.

Berg (1987) berichtet von zwei verschiedenen Sippen von Cenococcum geophilum die sie an Hand von Kulturmerkmalen unterscheiden kann. Die Merkmale der Ektomykorrhiza von C. geophilum werden mit Ausnahme der Wuchsform, die bei Pinus gabelig ist, durch die vorliegende Beschreibung bestätigt.

An Pinus silvestris und vom Freiland wurde Cenococcum geophilum noch nicht so ausführlich beschrieben. Da es sich um eine Formgattung handelt, ist eine Beschreibung der Mykorrhiza an unterschiedlichen Pflanzenarten sinnvoll.

Abbildung 21.1

Cenococcum geophilum



a

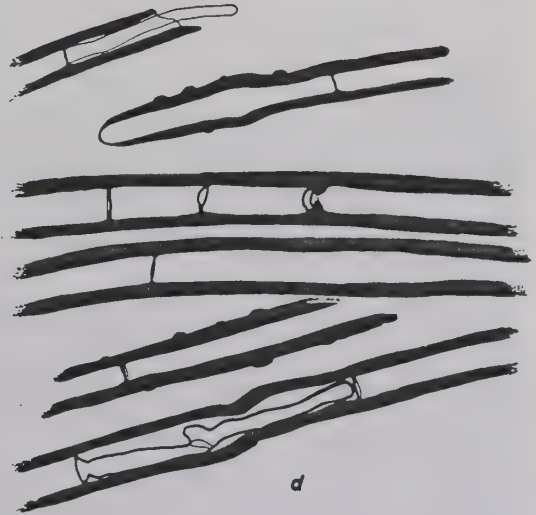


b

10µm

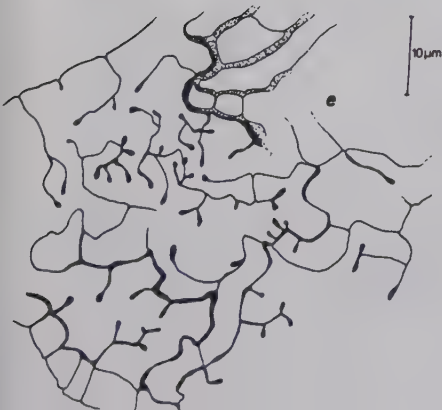


c



d

10µm



e

Abbildung 21.2

Cenococcum geophilum

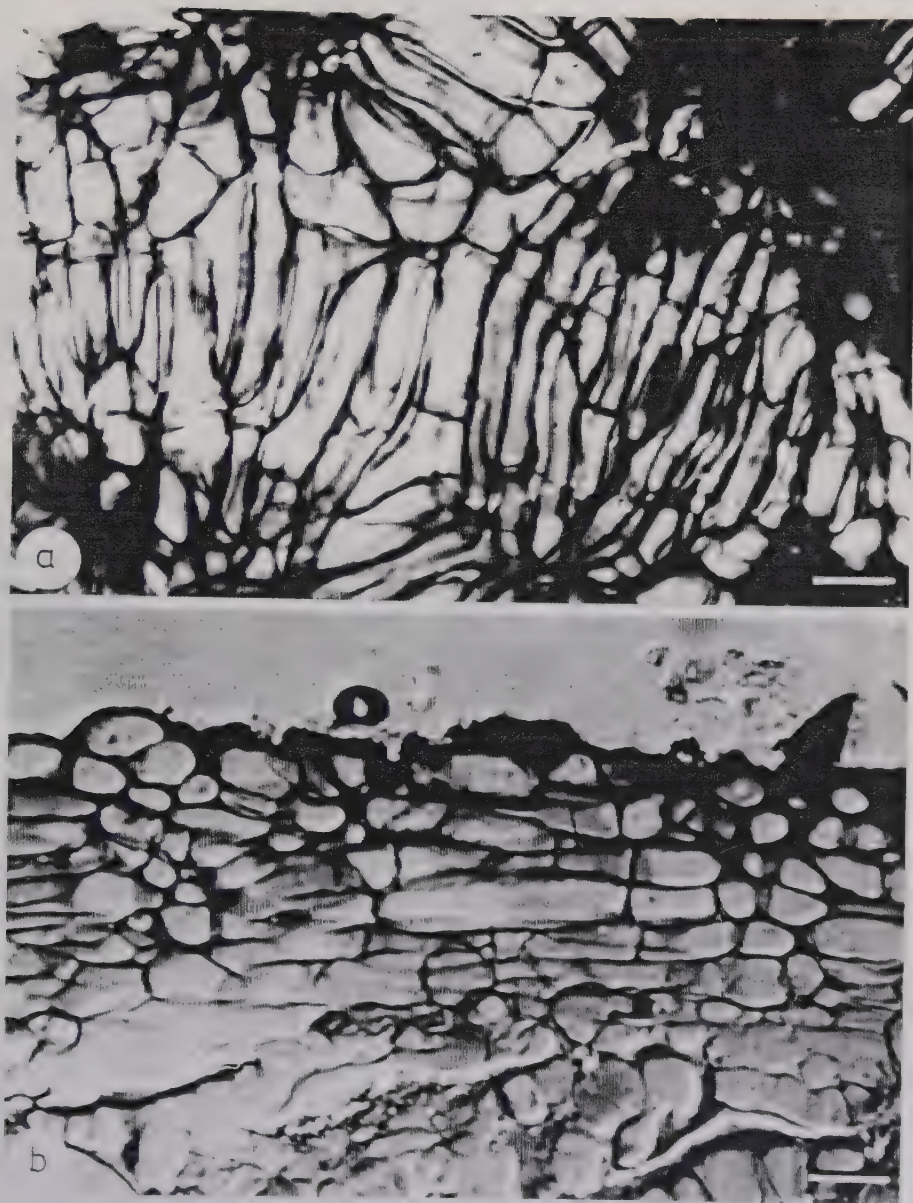


Abbildung 21.3

Cenococcum geophilum

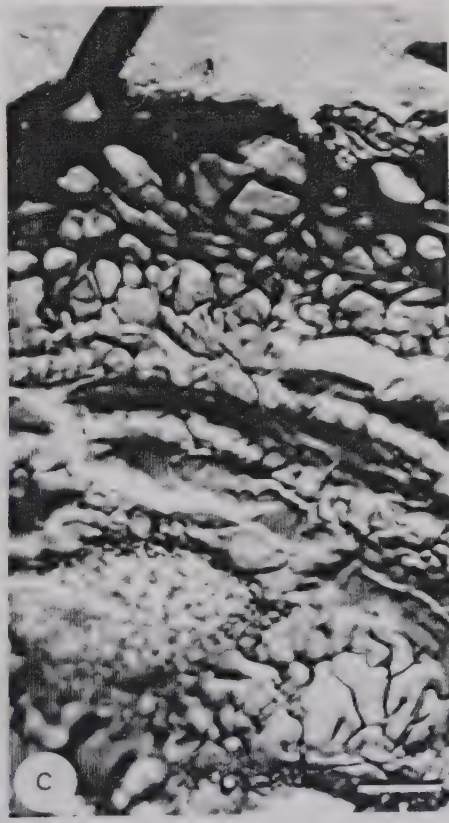
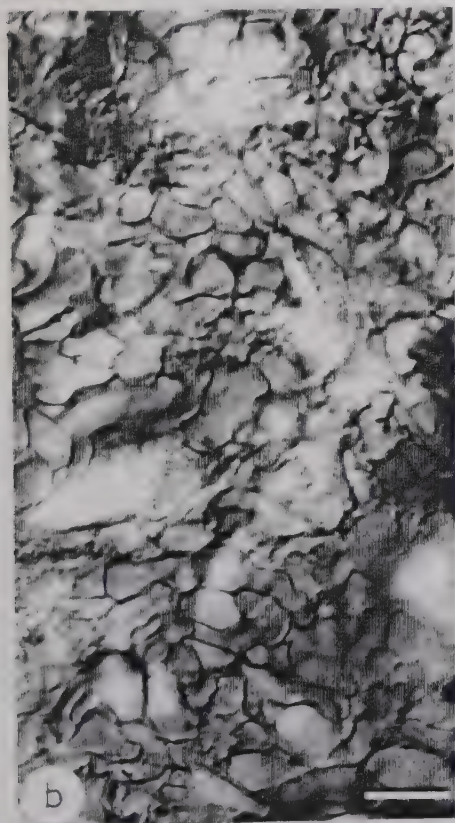
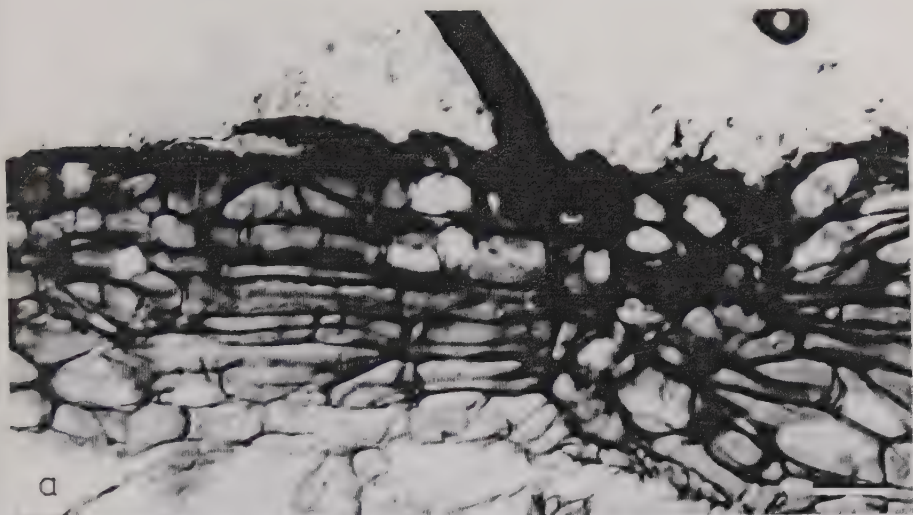


Abbildung 21.1

a) Habitus der Mykorrhiza von *Cenococcum geophilum* an *Pinus silvestris*; b) Mantelaufsicht; c) abziehende Hyphe mit Basalzelle; Mantel nach innen zu mit abnehmender Zellwandstärke; d) abziehende Hyphen, manchmal mit intrahyphalen Hyphen; z.T. inkrustiert; an der Hyphenspitze Zellwand dünner; e) Aufsicht auf Hartigsches Netz, Palmetti-Typ. Alle Abb. von UM-D260.

Abbildung 21.2

a) Mantelaufsicht; b) Längsschnitt durch die Mykorrhiza mit Anhäufungen runder Mantelzellen und dazwischenliegenden, langgestreckten Zellen (Ursache für Sternmuster in Aufsicht). Beide Abb. von UM-D260.

Abbildung 21.3

a) abziehende Hyphen; immer im Bereich runder Mantelzellen; b) Mantelinnenansicht (von Tangentialschnitt); c) Querschnitt durch die Mykorrhiza mit abziehenden Hyphen, Mantel, Tangenzialzellen, Rindenzellen und Hartigschem Netz, z.T. in Aufsicht -Palmetti-typ. Alle Abb. von UM-D260.

QUERCIRHIZA ATRATA ¹⁾ (Abb. 22.1-22.3)

AN QUERCUS ROBUR

Referenz Probe: Deutschland, Bayern, Eichstätt, Kiefernwald mit Jung-Eichen im Unterwuchs an der Straße nach Weissenburg, leg. M. Uhl, 30.09.1986, Mykorrhizen UM-E155, in M.

Morphologie (Abb. 22.1.a)

Mykorrhizensystem bis zu 3mm long und pinnat verzweigt; unverzweigte Enden bis 0,6mm lang und 0,2mm im Durchmesser; Form gerade; Oberfläche krustig; schwarz-braun.

Anatomische Merkmale der Oberfläche

Mantelaufsicht (Abb. 22.1.b+c, 22.2a+b) durch Verschmelzen der dicken Zellwände pseudoparenchymatisch erscheinend; sternförmiges Muster; Hyphen 2-15µm breit; Zellwand bis zu 3µm, schwarzbraun gefärbt; In tieferen Schichten Abnahme der Zellwanddicke bis unter 0,3µm (Abb. 22.2.c).

Mantelinnenansicht (Abb. 22.1.d) pseudoparenchymatisch bis epidermoid; 15-20µm breit; Zellwand unauffällig.

Abziehende Hyphen (Abb. 22.1.f, 22.2.d) 4µm im Durchmesser, gewunden; Zellwand bis 0,5-2µm; Hyphen zum Teil ohne zum Teil mit Inkrustationen; Septen ohne Schnallen.

Rhizomorphen keine.

Anatomische Merkmale im Querschnitt (Abb. 22.2.d, 22.3.c)

Mantel: pseudoparenchymatisch, bis 40µm dick; unterscheidbare Schichten; äußerste Schicht: Hyphen tangential 9-20µm, radial 6-15µm, Zellwand bis 3µm; innere Schicht: Hyphen tangential 8-15µm, radial 5-8µm, Zellwand bis 0,5µm.

Tanninzellen sehr wenige, polygonal geformt mit konkaven Einbuchtungen; tangential 20-25µm, radial 5-10µm, TCt = 15,6µm; TCq: 1,84.

Rindenzellen: 4-5 Reihen; radial oval, tangential 15-25µm, radial 10-30(40)µm, CCt = 19,6µm; CCq: 0,48.

¹⁾ atrata=schwarz

Hartig'sches Netz: 3-4 Rindenzellenreihen tief; Hartig'sches Netz um die Rindenzellen bis 5µm dick, eine Hyphenreihe; Zellen unregelmäßig länglich.

Anatomische Merkmale im Längsschnitt (Abb. 22.3.a+b)

Mantel 25-40µm dick; pseudoparenchymatisch; äußerste Schicht: Hyphen tangential 11-20µm, radial 5-15µm, Zellwand bis 3µm; innere Schicht: Hyphen tangential 5-12(20)µm, radial 3-7µm, Zellwand bis 1µm.

Tanninzellen unregelmäßig zusammengedrückt, mit konkaven Einbuchtungen; tangential 5-30µm, radial 5-10µm, TCt = 15,9µm; TCq: 1,87.

Rindenzellen äußerste Schicht: Zellen langgestreckt nach hinten schräg auswärts, radial 45-60µm, tangential 15-20µm, CCt = 54,8µm; CCq: 0,28. Innere Rindenzellen tangential 50-70µm, radial 15-25µm.

Hartig'sches Netz vom Palmetti-Typ mit 3-5µm breiten Loben (Abb. 22.1.e).

Farbreaktionen in verschiedenen Reagenzien

Anilin: --; Brillant-Kresyl-Blau: --; Baumwollblau: --; Ethanol 70%: --; Guaiac: --; Eisensulfat: Zellwand von dunkelbraun nach schwarz verfärbend; KOH 15%: Aufhellung; Melzer's Reagenz: --; Phenol: --; Phenol-Anilin: --; Säure-Fuchsin: --; Sulfo-Vanillin: --.

Autofluoreszenz

Ganze Mykorrhiza UV 254nm:--; UV 366nm:--; mikroskopisch keine Autofluoreszenz festzustellen.

Kernfärbung wegen Materialmangels nicht durchgeführt.

Verwendetes Material

Referenzbeleg.

Diskussion

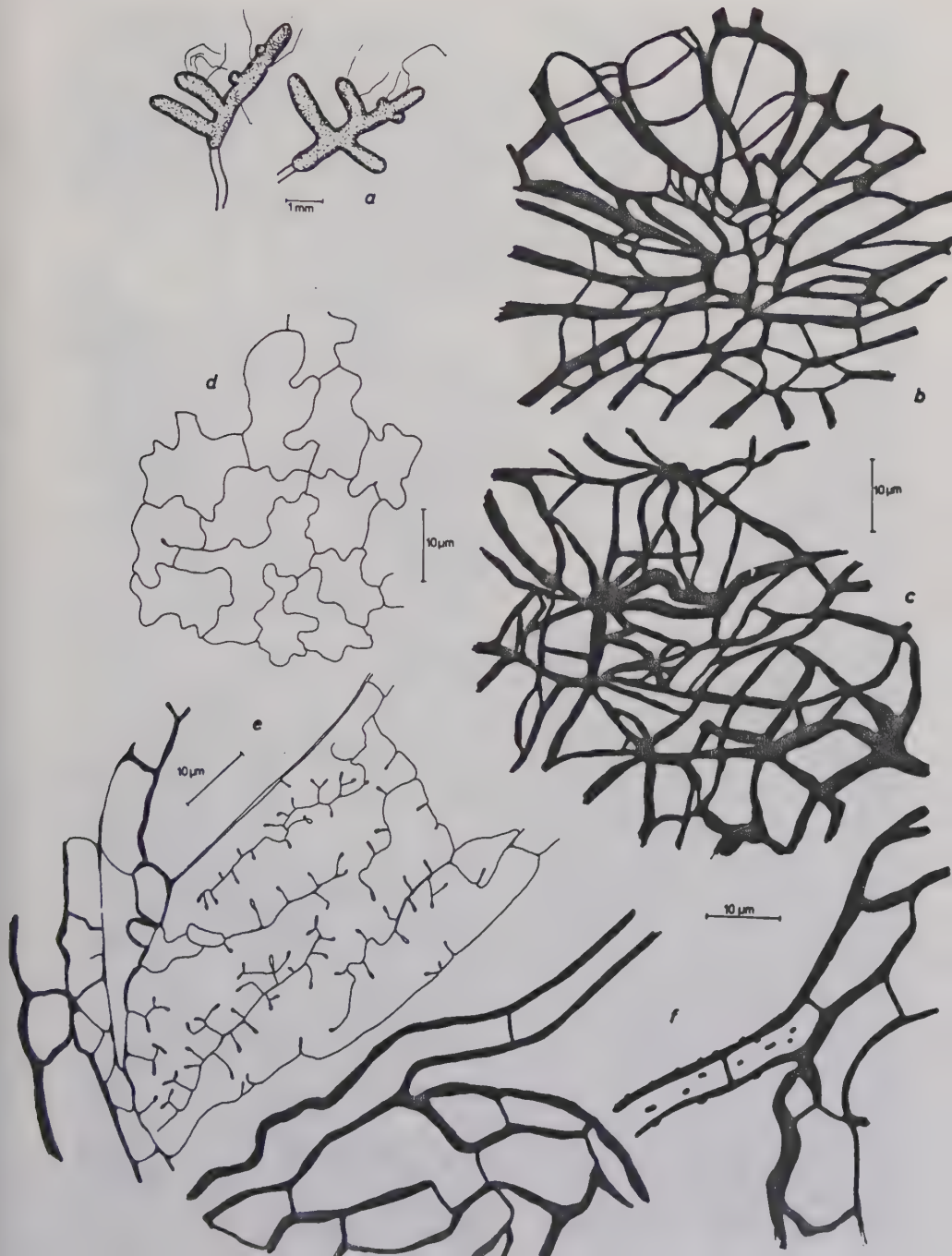
Die hier beschriebenen Ektomykorrhiza weist viele Ähnlichkeiten mit der Mykorrhiza von Cenococcum geophilum auf, so das sternförmige Muster der äußersten Mantelzellen. Allerdings sind diese nicht in langgestreckte und kugelige Zellen differenziert. Alle Zellen des Mantels

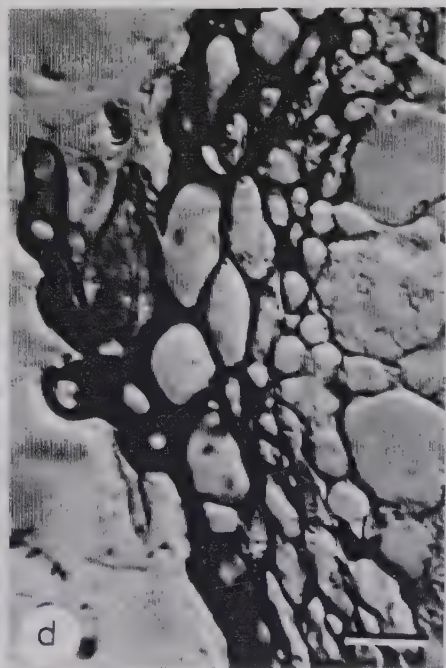
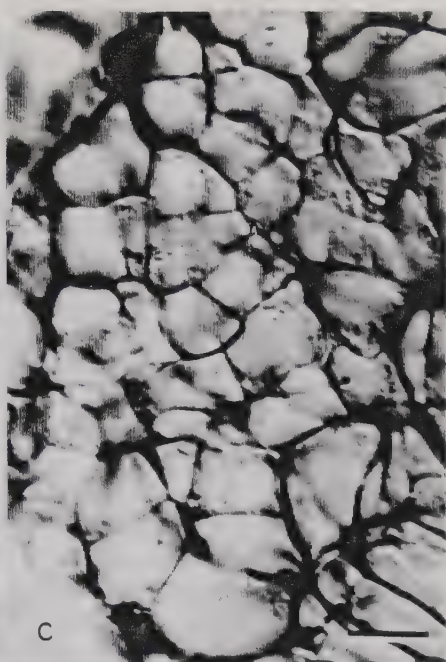
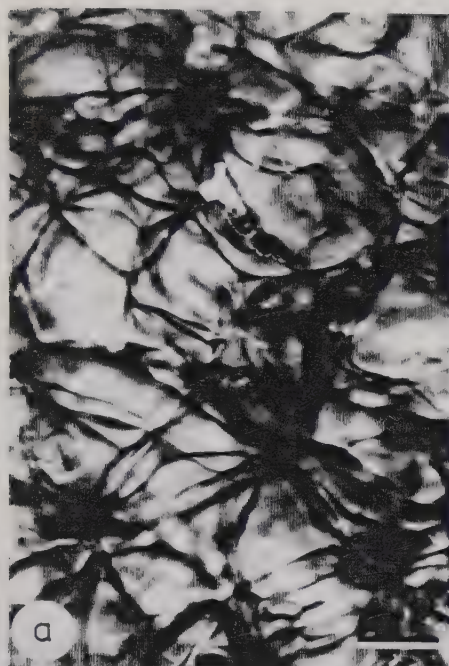
von Quercirhiza atrata sind rundlich, wobei die Zellwanddicke und der Zelldurchmesser zu tieferen Mantelschichten hin abnimmt. Auch die Mantelinnenseite ist bei den beiden Ektomykorrhizen unterschiedlich ausgeprägt. Bei C. geophilum findet man ein recht dichtes Plectenchym, während bei Q. atrata ein epidermoides Muster vorliegt. Schließlich sind die abziehenden Hyphen von Q. atrata gewunden, während die von C. geophilum starr sind.

Zusammenfassend gesagt, ist die Ähnlichkeit vom Habitus her also nur oberflächlich.

Abbildung 22.1

Quercirrhiza atrata





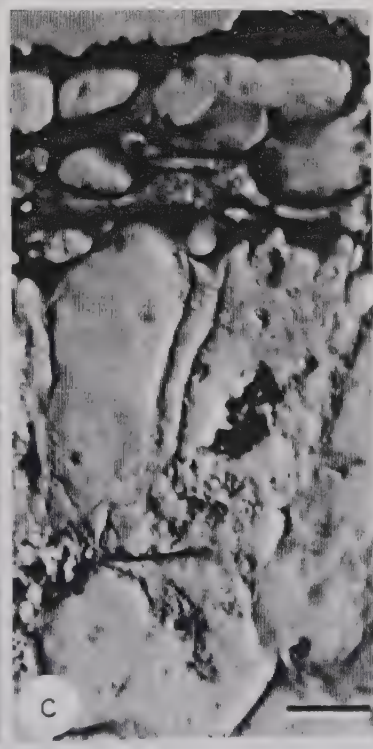
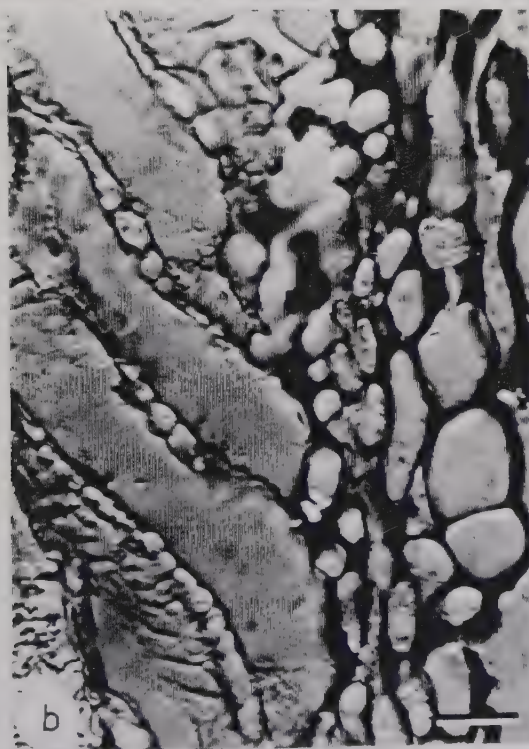
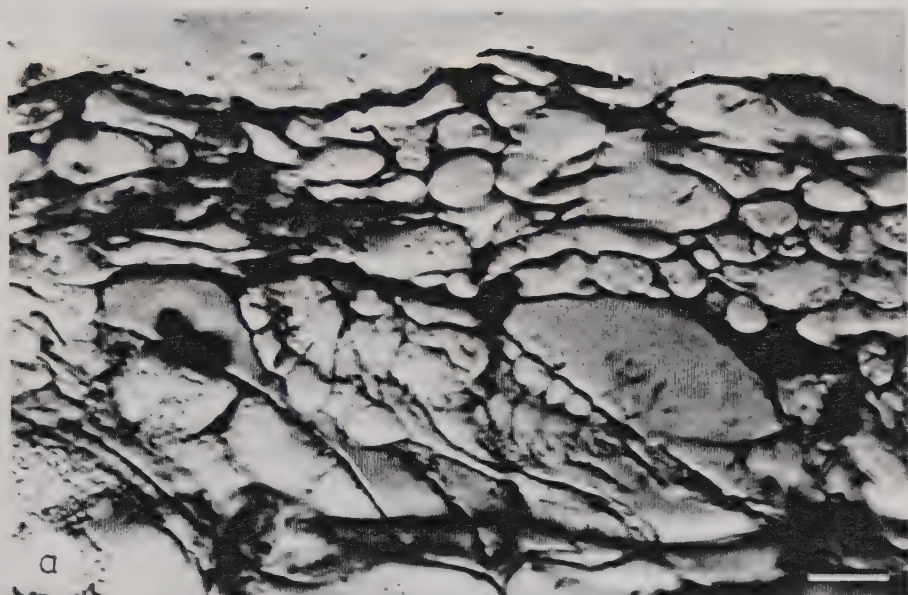


Abbildung 22.1

a) Habitus der Mykorrhiza von *Quercirhiza atrata* an *Quercus robur*; b) + c) Mantelaufsicht; d) Mantel, innere Schicht; e) Detail aus Längsschnitt durch die Mykorrhiza mit Mantel und Hartigschem Netz, auch in Aufsicht: Palmetti-Typ; f) abziehende Hyphen. Alle Abb. von UM-E155.

Abbildung 22.2

a) Mantelaufsicht; b) Mantelaufsicht mit abziehenden Hyphen; c) Mantel, mittlere Schicht; d) Querschnitt durch die Mykorrhiza mit abziehenden Hyphen, Mantel, Rindenzellen und Hartigschem Netz. Alle Abb. von UM-E155.

Abbildung 22.3

a) Längsschnitt durch die Mykorrhiza, mit Aufsicht auf Hartigsches Netz -Palmetti-Typ; b) Längsschnitt durch die Mykorrhiza mit schrägen, äußeren Rindenzellen (rechts=distal); c) Querschnitt durch die Mykorrhiza mit Mantel, Tanninzellresten, Rindenzellen und Hartigschem Netz (unten=distal). Alle Abb. von *Quercirhiza nigra*; Maßstab 10µm.

PINIRHIZA SPINULOSA ¹⁾ (Abb. 23.1-23.3)

AN PINUS SILVESTRIS

Referenzbeleg: Deutschland, Bayern, Eichstätt, Kiefernwald an der Straße nach Weissenburg, an Pinus silvestris, leg. M.Uhl, 30.09.1986, Mykorrhiza UM-E90, in M.

Morphologie (Abb. 23.1.a)

Mykorrhizensystem bis zu 3mm lang und gabelig verzweigt; unverzweigte Enden bis 0,5mm lang und 0,4mm im Durchmesser; Form gerade; Oberfläche warzig; schwarz.

Anatomische Merkmale der Oberfläche

Mantelaufsicht (Abb. 23.1.b, 23.2.a) durch Verschmelzen der sehr dicken Zellwände pseudoparenchymatisch erscheinend; Hyphen 3-20µm breit; Zellwand bis zu 4µm, schwarzbraun gefärbt; In tieferen Schichten Abnahme der Zellwanddicke bis unter 0,3µm (Abb. 23.2.b)

Mantelinnenansicht (Abb. 23.1.d, 23.2.c) sehr dicht plectenchymatisch; Hyphen stark gebuchtet und gewunden, 3-5µm im Durchmesser; keine regelmäßigen Muster erkennbar; Zellwand unauffällig.

Abziehende Hyphen (Abb. 23.1.c, 23.2.f, 23.3.b) 8-10µm im Durchmesser; Zellwand bis 3µm; Hyphen z.T. ohne z.T. mit Inkrustationen (Abb. 23.3.b+d); wenige Septen mit Schnallen; Hyphen nicht starr.

Rhizomorphen keine.

Cystiden 30-35µm lang, nur stellenweise häufig, schlank, spitz zulaufend, dickwandig, auf blasiger Basalzelle (Abb. 23.1.c, 23.2.d+e).

Anatomische Merkmale im Querschnitt (Abb. 23.3.d)

Mantel: pseudoparenchymatisch, bis 70µm dick; äußerste Schicht: Hyphen tangential 10-25µm, radial 3-5µm, Zellwand bis 2µm; mittlere Schicht: Haphen tangential 10-20µm, radial 5-15µm; Zellwand bis 1µm; innere Schicht: Hyphen tangential 3-8µm, radial 3-6µm, Zellwand unauffällig.

¹⁾ spinulosa=stachelig

Tanninzellen sehr wenige, eine Reihe, unregelmäßig zusammengedrückt mit konkaven Wänden; tangential 15-50(70)µm, radial 5-15µm, TCt = 38,2µm; TCq: 4,7.

Rindenzellen: 3-4 Reihen; rund bis tangential-oval, tangential 30-70(110)µm, radial 15-30µm, CCt = 55,7µm; CCq: 2,5;

Hartigches Netz: 3-4 Rindenzellenreihen tief; Hartigches Netz um die Tanninzellen 4-5µm dick; eine Hyphenreihe; Zellen rund; Hartigches Netz um die Rindenzellen 3-5µm dick, 1 Hyphenreihe; Zellen rund.

Anatomische Merkmale im Längsschnitt (Abb. 23.3.a)

Mantel 35-70µm dick; pseudoparenchymatisch; äußerste Schicht: Hyphen tangential 15-20µm, radial 3-5µm, Zellwand bis 3µm; mittlere Schicht: Hyphen tangential 15-20µm; innere Schicht: Hyphen tangential 7-15µm, radial 4-6µm.

Tanninzellen unregelmäßig zusammengedrückt, mit konkaven Einbuchtungen; tangential 15-30µm, radial 5-15µm, TCt = 20,5µm; TCq: 2,5.

Rindenzellen meist tangential-oval; tangential 25-60µm, radial 15-30µm, CCt = 38,7µm; CCq: 1,75.

Hartigches Netz vom Palmetti-Typ mit bis zu 8µm breiten Loben (Abb. 23.1.e, 23.3.c).

Farbreaktionen in verschiedenen Reagenzien

Anilin: --; Brilliant-Kresyl-Blau: --; Baumwollblau: --; Ethanol 70%: --; Guaiac: --; Eisensulfat: --; KOH 15%: Aufhellung; Melzer's Reagenz: --; Phenol: --; Phenol-Anilin: --; Säure-Fuchsin: --; Sulfo-Vanillin: rotbraun verfärbend.

Autofluoreszenz

Ganze Mykorrhiza UV 254nm:--; UV 366nm:--. Mikroskopisch konnte keine Autofluoreszenz festgestellt werden.

Kernfärbung wegen Materialmangels nicht durchgeführt.

Verwendetes Material

Referenzbeleg.

Diskussion

Pinirhiza spinulosa zeigt einige Ähnlichkeit mit der Ektomykorrhiza von Cenococcum geophilum und mit Qercirhiza atrata. Ebenso wie bei C. geophilum und Qercirhiza atrata findet sich ein sternförmiges Muster auf der Manteloberfläche. Bei allen drei Mykorrhizen finden wir sehr dicke Zellwände. Die Mantelinnenseite bei P. spinulosa ähnelt der bei Cenococcum geophilum, nicht jedoch der bei Q. atrata. Anhand zweier Merkmale kann jedoch P. spinulosa von den beiden anderen Mykorrhizen unterschieden werden: durch das Auftreten von Schnallen an den abziehenden Hyphen und durch Vorkommen von kurzen Cystiden auf dem Mantel.

Abbildung 23.1

Pinirhiza spinulosa

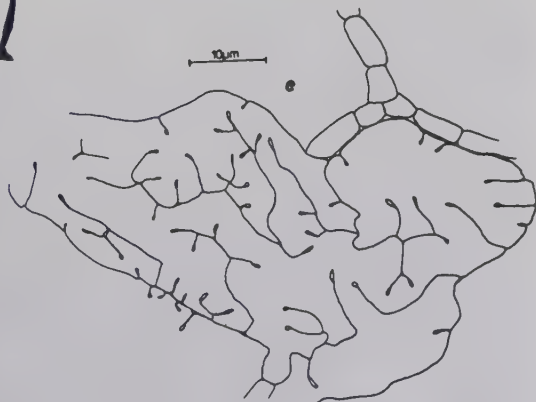
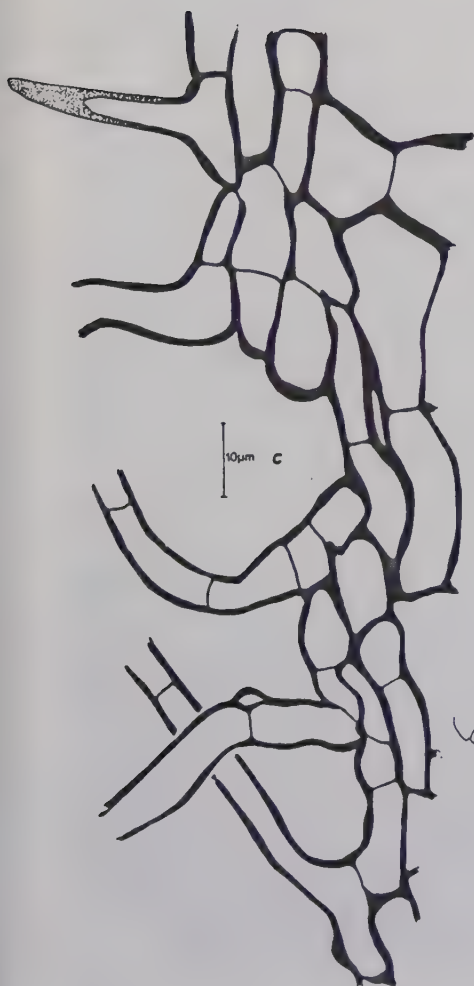
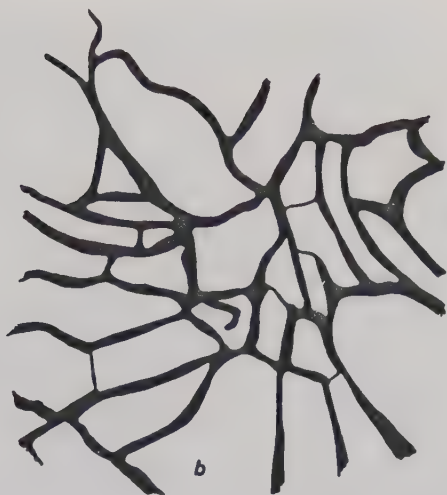
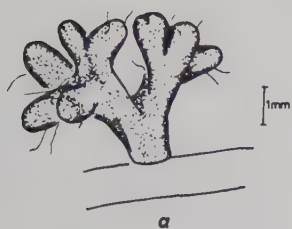


Abbildung 23.2

Pinirhiza spinulosa

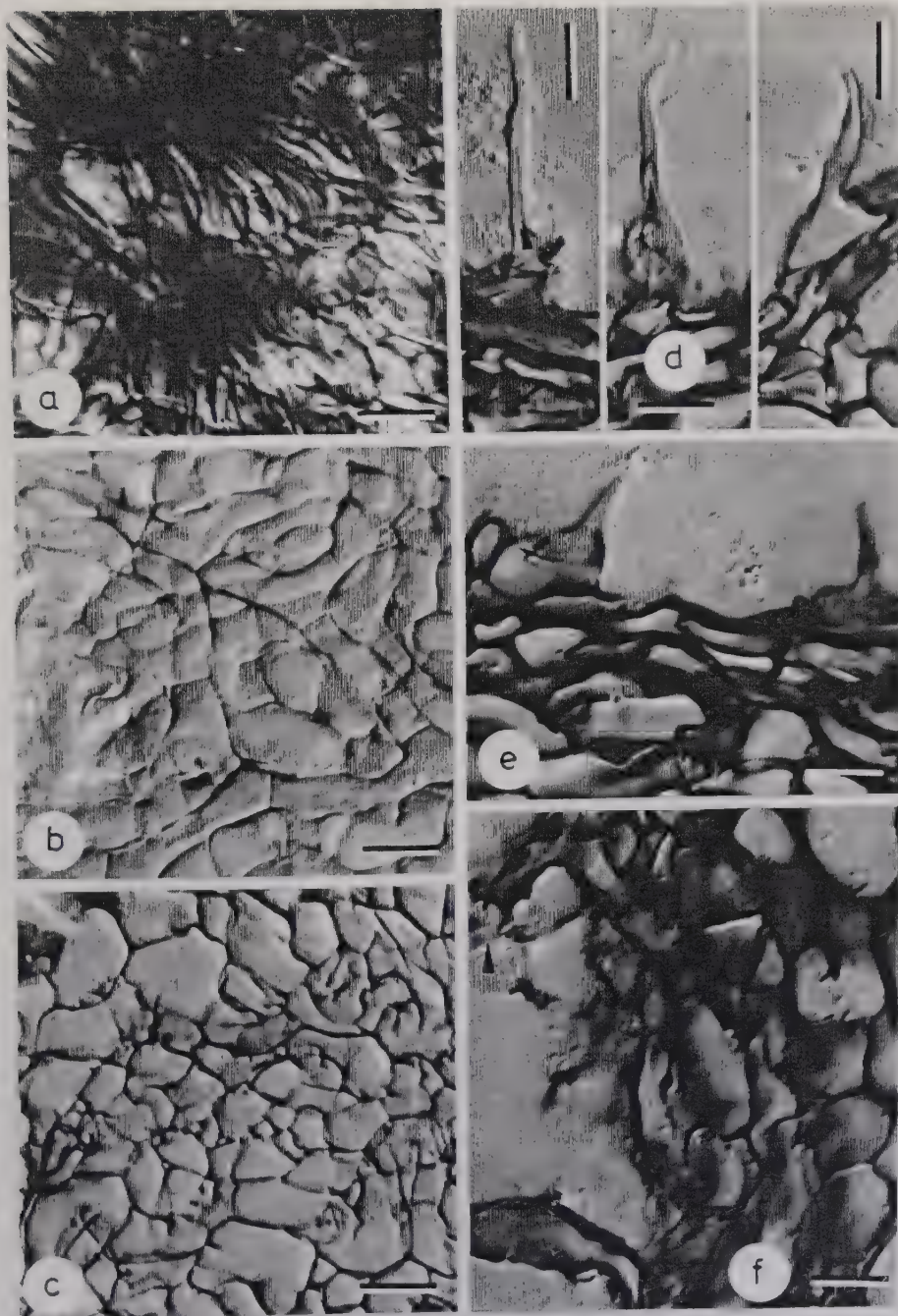


Abbildung 23.3

Pinirhiza spinulosa

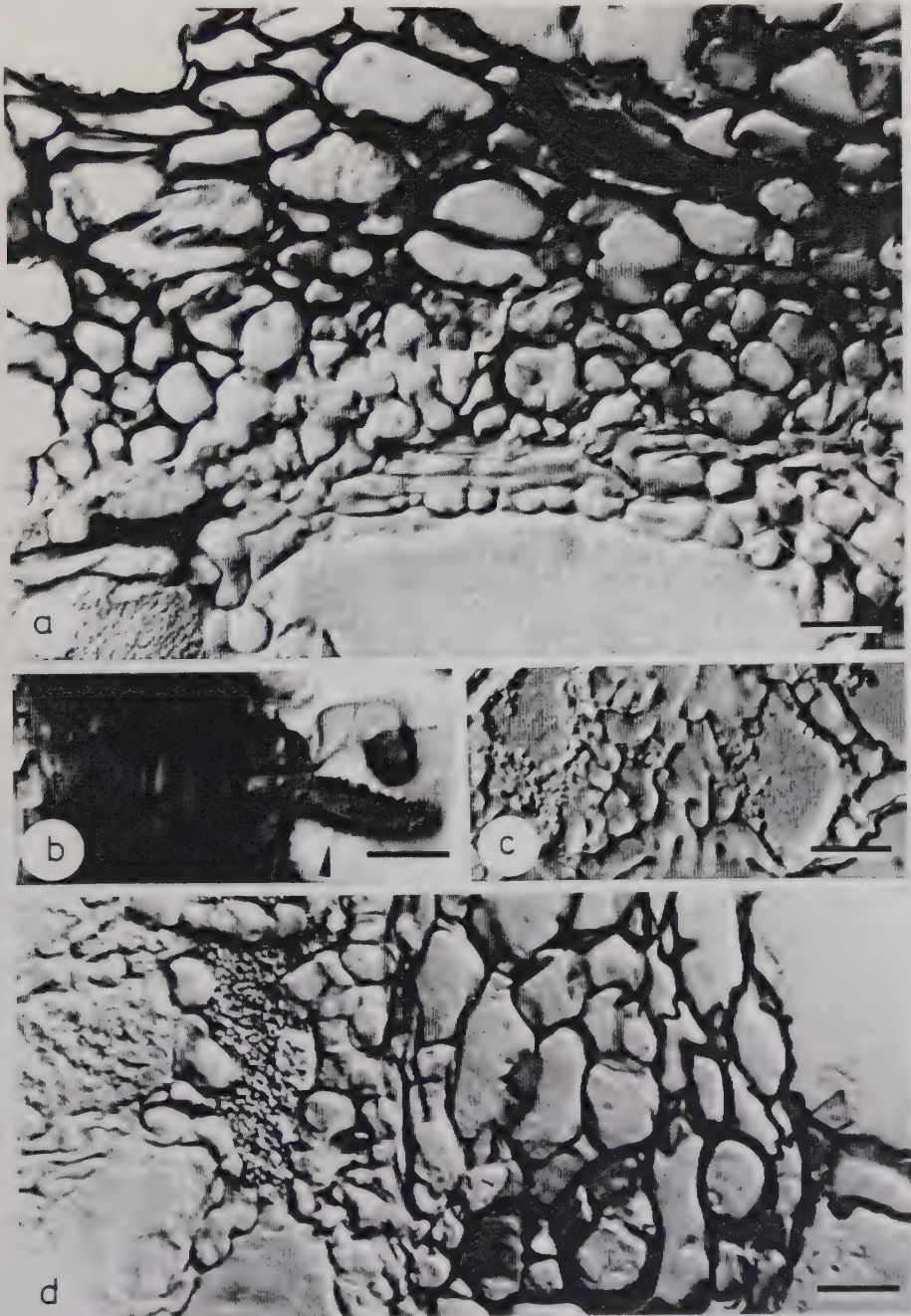


Abbildung 23.1

a) Habitus der Mykorrhiza von *Pinirhiza nigra* an *Pinus silvestris*; b) Mantelaufsicht; c) Abziehende Hyphen (Schnalle) und Cystide, jeweils mit Basalzellen; d) Mantelinnenansicht; e) Aufsicht aufs Hartigsche Netz -Palmetti-Typ. Alle Abbildungen von UM-E90.

Abbildung 23.2

a) Mantelaufsicht; b) Mantel, mittlere Schicht; c) Mantel, innere Schicht; d)+e) Cystiden mit Basalzellen; f) abziehende Hyphe mit Basalzelle. Alle Abb. von UM-E90.

Abbildung 23.3

a) Längsschnitt durch die Mykorrhiza mit Mantel (sich nach innen verringernde Zellwanddickel), Tanninzellen, Rindenzellen und Hartigschem Netz; b) abziehende Hyphe, inkrustiert; c) Aufsicht auf Hartigsches Netz, Palmetti-Typ; d) Querschnitt durch die Mykorrhiza mit abziehende Hyphen mit Basalzelle, Mantel, Tanninzellen, Rindenzellen und dem Hartigschem Netz. Alle Abb. von UM-E90.

PINIRHIZA ROSEA ¹⁾ (Abb. 24.1-24.4)

AN PINUS SILVESTRIS

Referenzbeleg: Deutschland, Bayern, Kelheim, Siegenburg
an Pinus silvestris, 17.09.1987, Mykorrhiza UM-D150 in M.

Morphologie (Abb. 24.1.a)

Mykorrhizensystem bis zu 5mm lang und gabelig verzweigt; unverzweigte Enden bis 1,2 mm lang und 0,4mm im Durchmesser; Form meist gerade; Oberfläche dicht strähnig; weiß, rötlich überhaucht, mit roten Flecken; silbrig durch Lufteinschluß; nach Herausstreichen der Luft stellenweise bräunlich; ältere Partien durch Verlust eingeschlossener Luft ebenfalls bräunlich; Rhizomorphen zahlreich und von gleicher Farbe.

Anatomische Merkmale der Oberfläche

Mantelaufsicht (Abb. 24.3.a) plectenchymatisch netzartig; Hyphen 4-5µm im Durchmesser; Zellwand unauffällig, Hypheninhalt und -wände leicht gelblich; Inkrustationen leicht rötlich; parallel laufende Hyphenstränge Flecken mit gekrümmt verlaufenden Hyphen ein einschließend, ein großflächiges Muster ergebend, das durch die äußerste Mantelschicht hindurch makroskopisch den netzigen Eindruck ergibt; Durchmesser der Hyphen 3-5µm; Septenabstand 10-30µm; Zellwand unauffällig. Tiefer liegende Schichten dichter plectenchymatisch als Mantelaufsicht, oft mit parallelem Hyphenverlauf (Abb. 24.1.b, 24.3.b, 24.4.a); Hyphen langgestreckt und z.T. gebuchtet, Durchmesser 4-4,5µm, Zellwand unauffällig. Mantelinnenansicht (Abb. 24.3.c) sehr dicht plectenchymatisch; Hyphen eng aneinanderliegend, ausgebuchtet, 2-5µm breit; keine regelmäßigen Muster erkennbar; Zellwand unauffällig; Abziehende Hyphen (Abb. 24.2.c, 24.3.e) 3,5-4µm im Durchmesser; Zellwand unauffällig, in Septennähe bis 0,5µm, Doliporusähnliche Strukturen deutlich; Hyphen ohne Inkrustationen; Hypheninhalt und -wände leicht gelb; ohne Schnallen.

¹⁾ rosea=rötlich

Rhizomorphen (Abb. 24.2.a, 24.3.d) bis zu 40µm dick; von der Mykorrhiza abziehend; Hyphen dicht ineinander verweben; Rhizomorphen undifferenziert; Hyphen 2-4µm im Durchmesser, Septenabstand 40-60µm, Zellwand unauffällig; ohne Schnallen.

Anatomische Merkmale im Querschnitt (Abb. 24.4.c)

Mantel: Plectenchymatisch, 10-25µm dick; keine Schichtung; Hyphen tangential 2-12µm, radial 2-5µm; von innen nach außen immer lockerer werdend; Übergang zu abziehenden Hyphen fließend.

Tanninzellen eine Reihe, unregelmäßig zusammengedrückt, mit konkaven Einbuchtungen; tangential 15-50(60)µm, radial 5-15(20)µm, TCt = 30,5µm; TCq: 0.83.

Rindenzellen: 3-4 Reihen; rundlich bis radial-oval; tangential (15)20-35(45)µm, radial (25)30-50(60)µm, CCt = 27.9µm; CCq: 0.76.

Hartig'sches Netz: 3-4 Rindenzellenreihen tief; Hartig'sches Netz um die Tanninzellen 4-5µm dick, eine Hyphenreihen, Zellen rund; um die Rindenzellen: 2-4(5)µm dick, eine Hyphenreihe, Zellen rund bis leicht quaderförmig.

Anatomische Merkmale im Längsschnitt (Abb. 24.4.d)

Mantel 10-25µm dick; plectenchymatisch; ohne Schichtung; Hyphen tangential 2-5µm, radial 2-5µm.

Tanninzellen unregelmäßig zusammengedrückt, mit konkaven Einbuchtungen; tangential (15)20-40(60)µm, radial 5-15(20)µm, TCt= 32.4µm; TCq: 3.9.

Rindenzellen rund bis radial-oval; tangential (15)20-45(60)µm, radial (25)30-50(60)µm, CCt = 29.7µm; CCq: 0.8.

Hartig'sches Netz vom Palmetti-Typ mit gedrunenen, bis 2-3(4)µm breiten Loben (Abb. 24.2.b, 24.4.b).

Farbreaktionen in verschiedenen Reagenzien

Anilin: --; Brillant-Kresyl-Blau: blau; nach Waschen mit Wasser: Ränder des Mantelstückes leicht violett; Baumwollblau: --; Ethanol 70%: Lösung des Farbstoffes rotviolett; Guaiac: --; Eisensulfat: --; KOH 15%: Farbstoff verfärbt tiefviolett; Melzer's Reagenz: --; Phenol: --;

Phenol-Anilin: --; Säure-Fuchsin: nach Waschen mit Wasser rotbraun; Sulfo-Vanillin: --.

Autofluoreszenz

Es konnte an der Mykorrhiza weder makro- noch mikroskopisch Autofluoreszenz festgestellt werden.

Kernfärbung

2 Kerne pro Zelle, unregelmäßig entfernt; Kerne rund bis oval mit Durchmessern von 1.5 - 2.5µm; keine siderophile Granulation (Methode: Acetocarmin).

Verwendetes Material

Referenzbeleg. Unidentifizierte Mykorrhiza.

Diskussion

Die Mykorrhiza wurde zweimal unter Amanita rubescens gefunden. Da keine Hyphenverbindung nachgewiesen werden konnte, gilt diese Mykorrhiza als unidentifiziert. In der Literatur liegt keine Beschreibung einer Ektomykorrhiza von Amanita rubescens vor.

Abbildung 24.1

Pinirhiza rosea

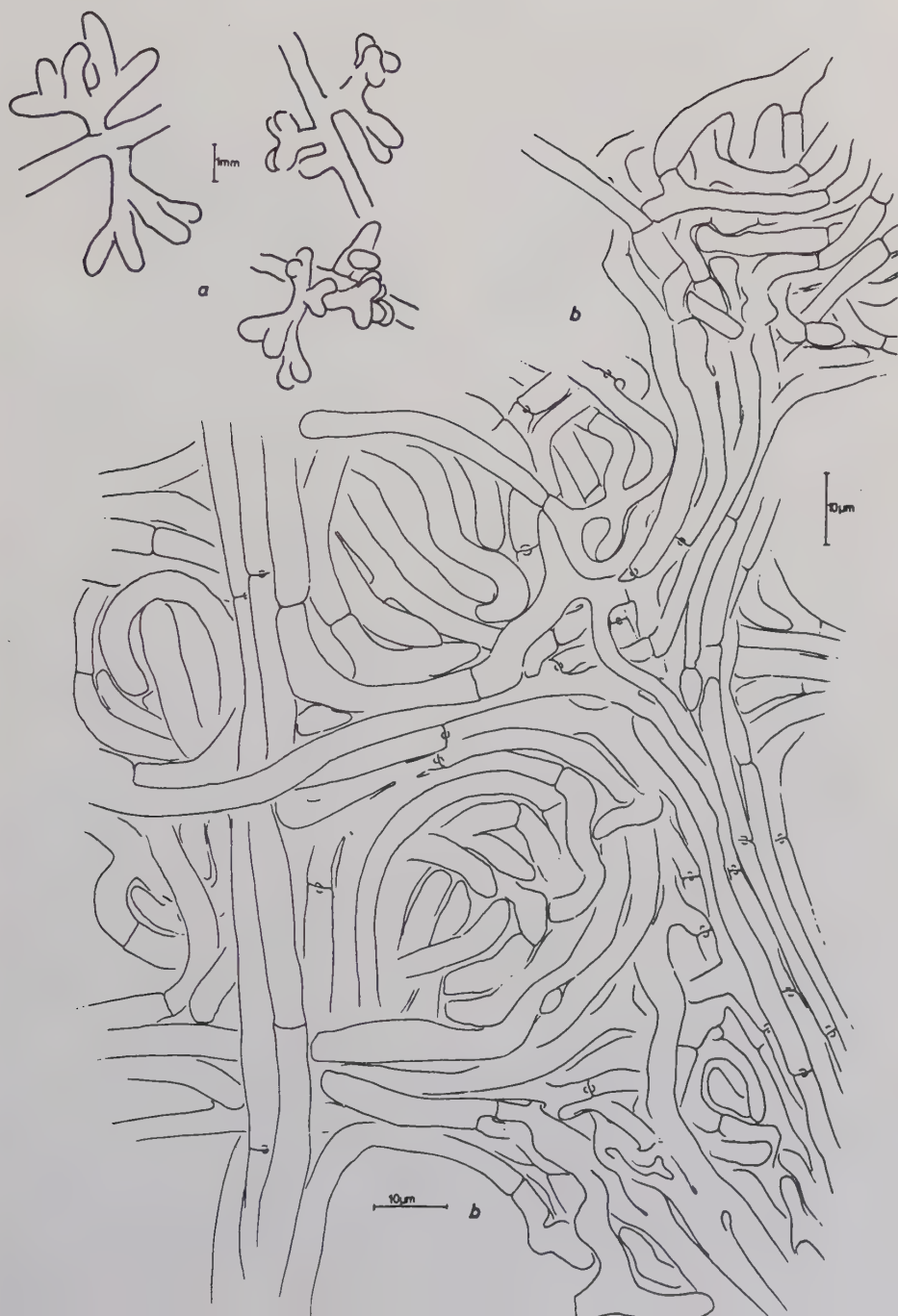
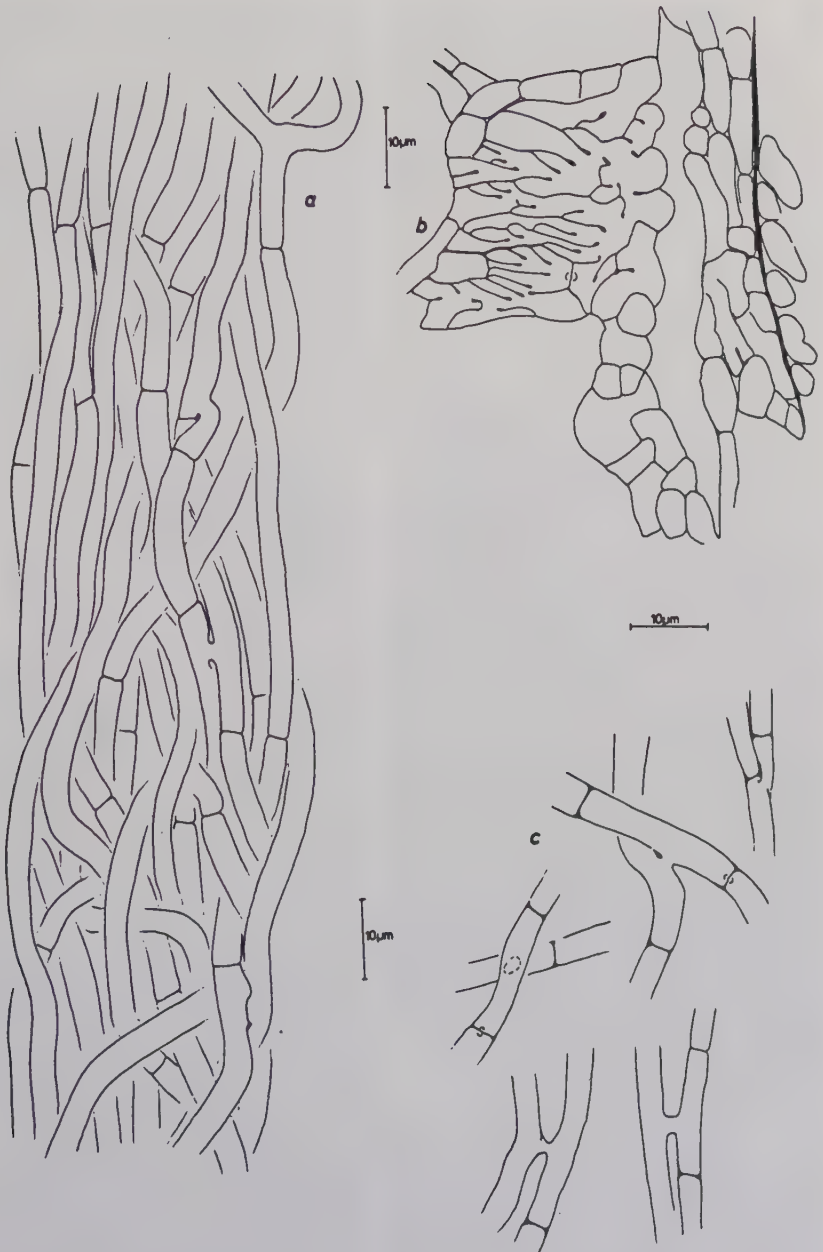


Abbildung 24.2

Pinirhiza rosea



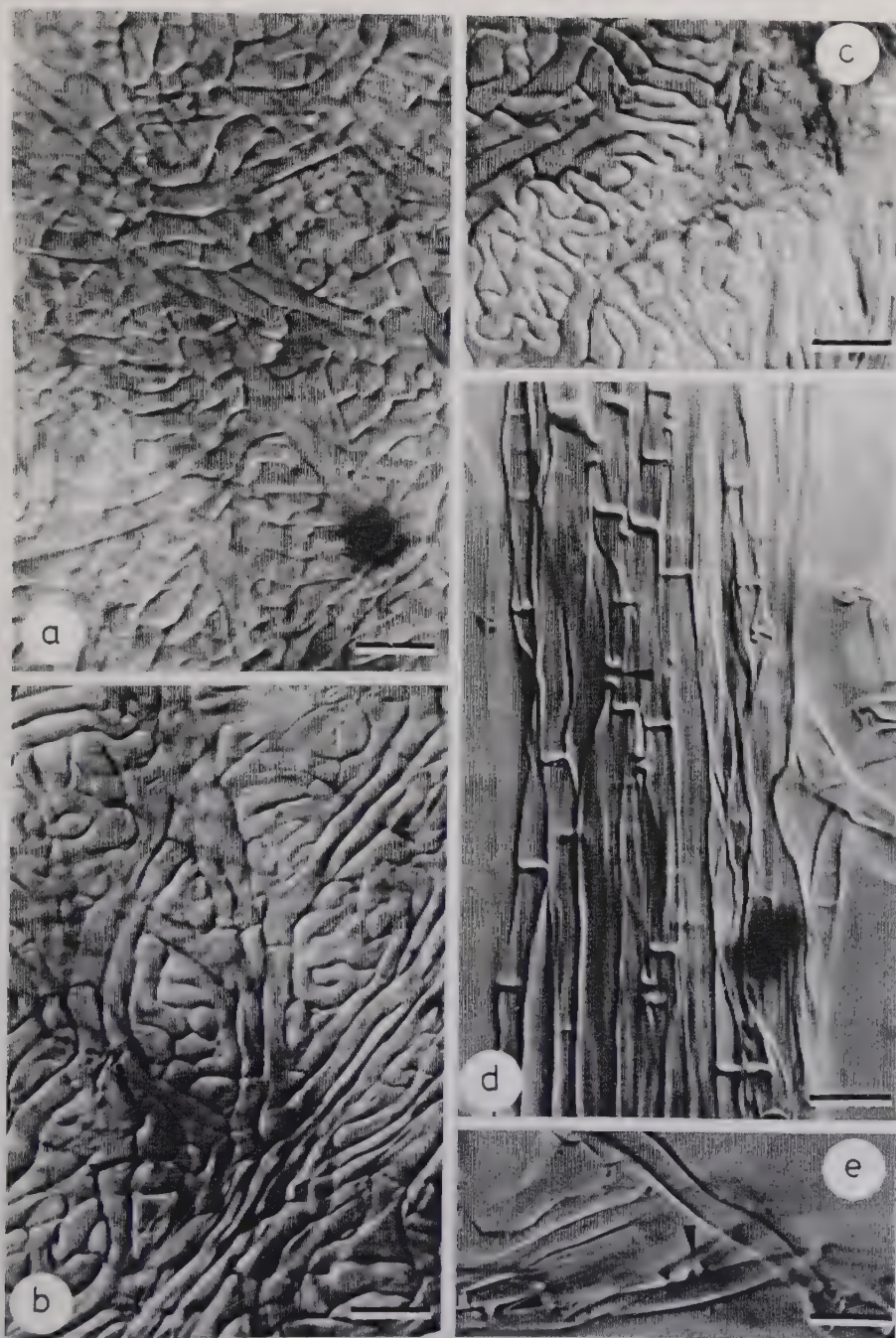


Abbildung 24.4

Pinirhiza rosea

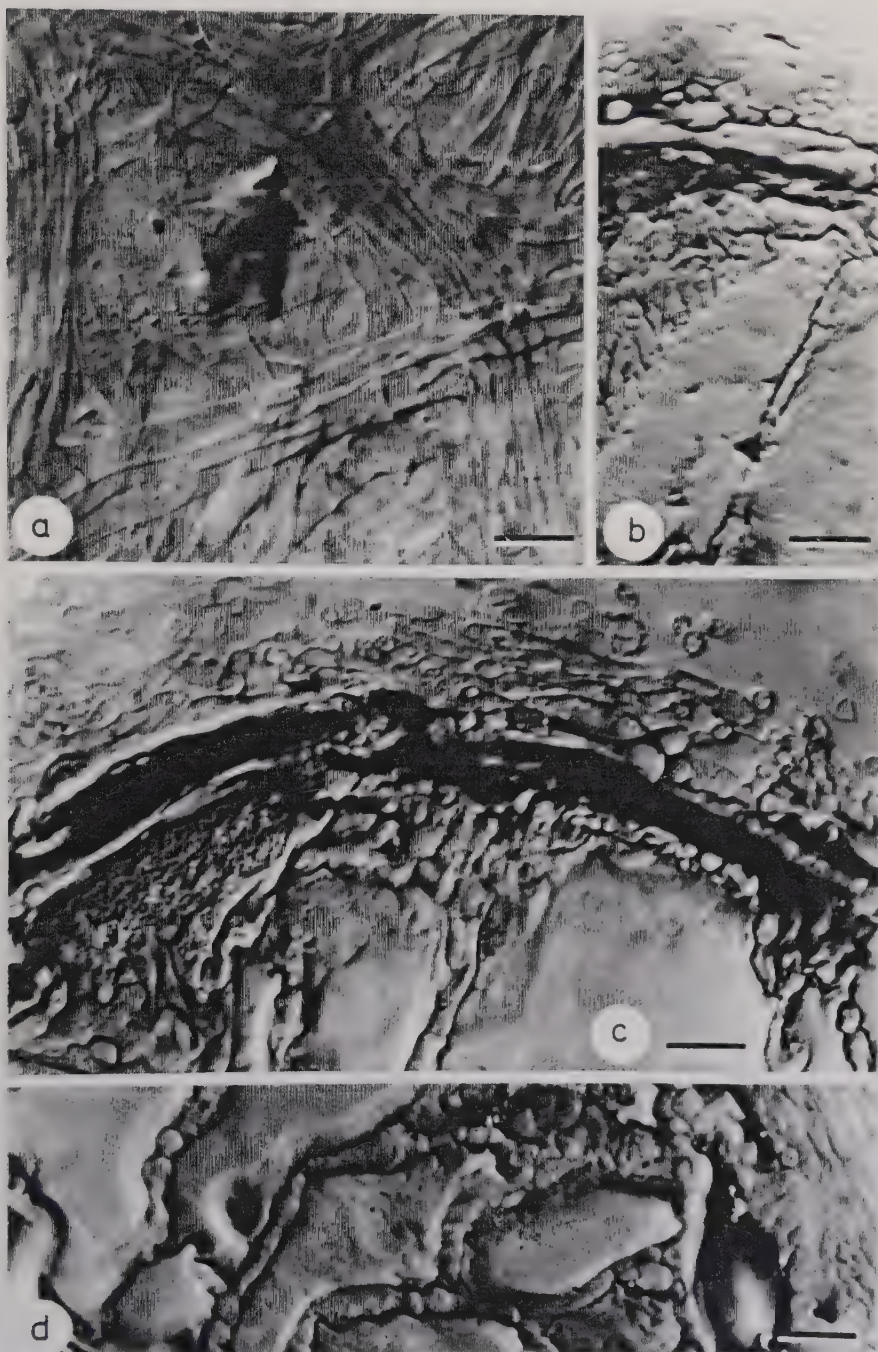


Abbildung 24.1

a) Habitus der Mykorrhiza von *Pinirhiza rosea* an *Pinus silvestris*; b) Mantelaufsicht mit parallelen Strukturen und dazwischenliegenden Flecken mit gewundenen und gebuchteten Hyphen (weiter innen liegende Schichten). Alle Abbildungen von UM-D150.

Abbildung 24.2

a) Rhizomorphe; b) Hartigsches Netz in Aufsicht -Palmetti-Typ-, im Mantel kollabierte Wurzelhaubenreste erkennbar; c) abziehende Hyphen mit Anastomosen. Alle Abbildungen von UM-D150.

Abbildung 24.3

a) Mantelaufsicht; b) Mantel, mittlere Schicht; c) Mantel, innerste Schicht; d) Rhizomorphen, mit Anastomosen (Pfeil); e) abziehende Hyphen mit Anastomosen (Pfeile). Alle Abbildungen von UM-D150; Maßstab 10µm.

Abbildung 24.4

a) Mantel, mittlere Schicht, mit parallelen Strukturen; b) Längsschnitt durch die Mykorrhiza mit Mantel, Wurzelhaubenresten, Tanninzellen, Rindenzellen und Hartigschem Netz z.T. in Aufsicht -Palmetti-Typ; c) Querschnitt durch die Mykorrhiza mit Mantel, Tanninzellen, Rindenzellen und Hartigschem Netz im Schnitt; d) Längsschnitt durch die Mykorrhiza mit Mantel, Tanninzelle, Rindenzellen und Hartigschem Netz im Schnitt. Alle Abbildungen von UM-D150; Maßstab 10µm.

PINIRRHIZA ANGULARIS ¹⁾ (Abb. 25.1-25.2)

AN PINUS SILVESTRIS

Referenzbeleg: Deutschland, Bayern, Murnau, Langer Filz, unter Pinus mugo, leg. M. Uhl, 23.06.1986, Mykorrhiza UM-M050, in M.

Morphologie (Abb. 25.1.a)

Mykorrhizensystem bis zu 6mm lang und koralloid gabelig verzweigt; unverzweigte Enden bis 2 mm lang und 0,25-0.3mm im Durchmesser, mykorrhizierte Achse 0.35mm im Durchmesser; Form der Seitenenden gerade; Oberfläche körnig bis warzig; letzte Seitenenden rotorange bis orangebraun; ältere Partien insgesamt blasser; mehr als 100 Enden pro System.

Anatomische Merkmale der Oberfläche

Mantel (Abb. 25.1.b+c; 25.2.a+c) durchgängig pseudoparenchymatisch angulär bis epidermoid; Hyphen unregelmäßig geformt bis gelappt; manche Zellen mit plasmatischem, granulären Pigment, nur in Frischmaterial beobachtbar; 6-7 Zellen pro 20x20µm; Zellwand unauffällig; Zellinhalt und Wände hyalin. Besonderheit: intrahyphale Hyphen in großlumigen Mantelzellen zu beobachten (Abb. 25.1.e); keine Cystiden.

Mykorrhizenspitze: pseudoparenchymatisch, Hyphen kleiner: 16-18 Zellen pro 20x20µm (Abb. 25.1.b).

Abziehende Hyphen (Abb. 25.1.d) 3,5-4µm im Durchmesser; Zellwand 0.5-1µm dick; Hyphen glatt; Hypheninhalt und -wände gelblich; Basalzellen einfache nach außen auswachsende Mantelzellen; kleine Felder solcher auswachsender Basalzellen makroskopisch als körnig-warzige Struktur erscheinend. Rhizomorphen wurden nicht beobachtet.

Anatomische Merkmale im Querschnitt (Abb. 25.2.e)

Mantel: Plectenchymatisch, 25-45µm dick; dreischichtig;

¹⁾ angularis=winkelig

äußerste Hyphen tangential 2-12(15) μ m, radial 2-3 μ m Plasma zum Teil granulär gelb pigmentiert; mittlere Hyphen tangential 5-15(17) μ m radial 3-4 μ m, manche von kleineren Hyphen durchwachsen, Durchmesser 2-3 μ m); innerste Hyphen tangential 2-8 μ m, radial 2-4 μ m.

Tanninzellen eine Reihe, unregelmäßig zusammengedrückt, mit konkaven Einbuchtungen; tangential 25-90(110) μ m, radial 5-15 μ m, Tct = 49.8 μ m; TCq= 4.9.

Rindenzellen: 3-4 Reihen; rundlich, tangential 15-55(60) μ m, radial (10)20-45 μ m; Cct = 33 μ m; CCq= 1.17.

Hartig'sches Netz: 3-4 Rindenzellenreihen tief; Hartig'sches Netz um die Tanninzellen 2-4 μ m dick, eine Hyphenreihe, Zellen rund; um die Rindenzellen: 2-3 μ m dick, 1 Hyphenreihe, Zellen rund bis langgestreckt.

Anatomische Merkmale im Längsschnitt (Abb. 25.2.f)

Mantel pseudoparenchymatisch; drei Schichten; äußerste Hyphen tangential 5-15 μ m, radial 1-3 μ m; mittlere Hyphen tangential (5)8-16 μ m, radial 4-7 μ m; innerste Hyphen tangential 3-5 μ m, radial 2-4 μ m.

Tanninzellen unregelmäßig zusammengedrückt, mit konkaven Einbuchtungen; tangential (17)20-50(80) μ m, radial 5-10 μ m; Tct= 35.1 μ m; TCq= 3.5.

Rindenzellen rund bis radial-oval; tangential 20-40(45) μ m radial (10)20-45 μ m, Cct= 30.3 μ m; CCq=1.1.

Hartig'sches Netz vom Palmetti-Typ mit 2-3 μ m breiten Loben (Abb. 25.1.f)

Farbreaktionen in verschiedenen Reagenzien

Anilin: --; Brillant-Kresyl-Blau: blau; nach Waschen mit Wasser: Ränder des Mantelstückes leicht violett; Baumwollblau: --; Ethanol 70%: --; Guaiac: --; Eisensulfat: --; KOH 15%: --; Melzer's Reagenz: --; Phenol: --; Phenol-Anilin: --; Säure-Fuchsin: --; Sulfo-Vanillin:--.

Autofluoreszenz

Ganze Mykorrhiza UV 254nm:--; UV 366nm: --; Mantel: UV-filter(340-380nm): blau; Blaufilter(450-490nm): gelblich; Grünfilter:(530-560nm): --.

Kernfärbung

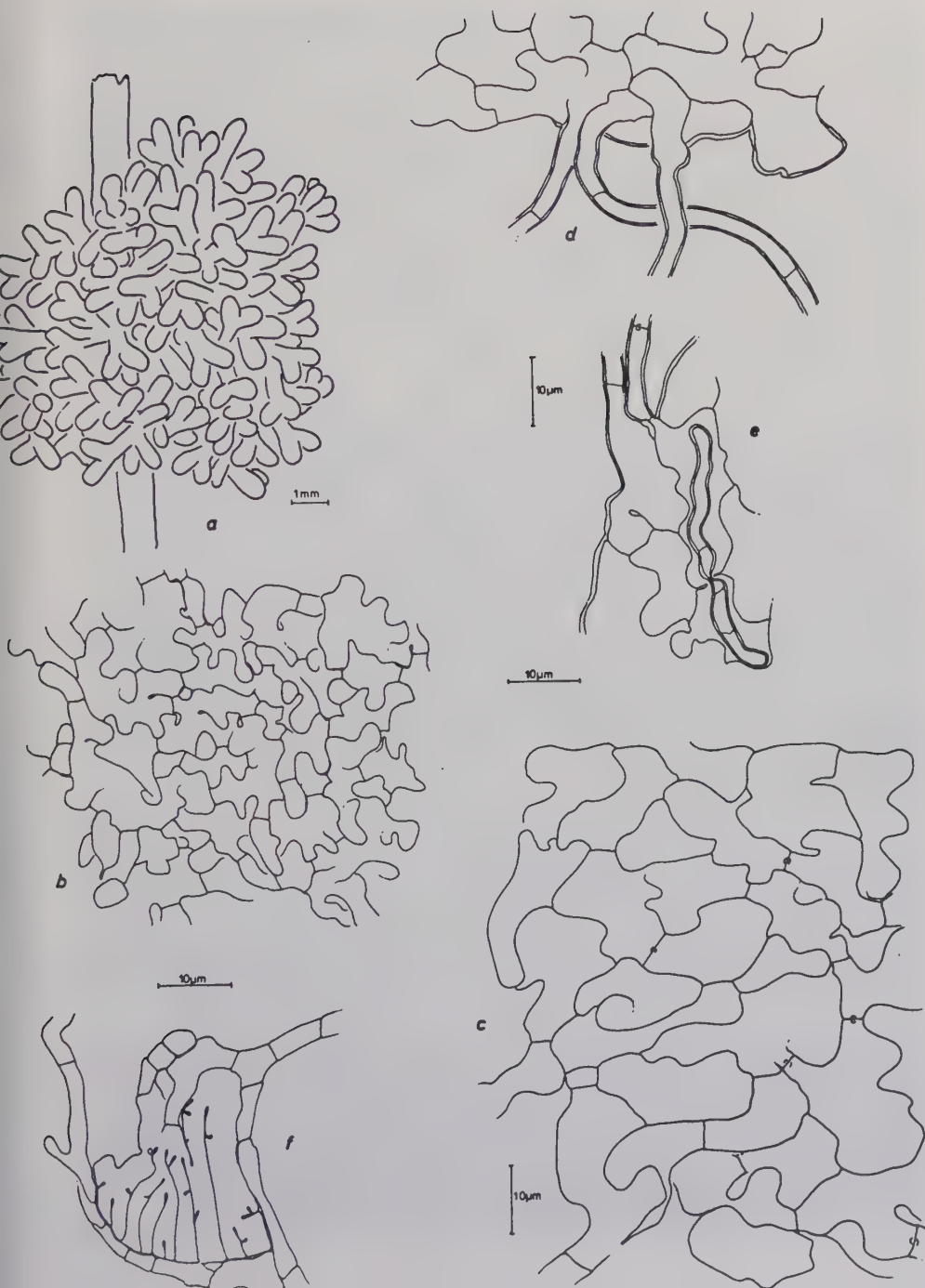
2 Kerne pro Zelle, Kernabstand variabel; Kerne rund bis oval mit Durchmessern von 1.5 bis 2µm; keine siderophile Granulation (Methode: Acetocarmin).

Verwendetes Material

Referenzbeleg.

Abbildung 25.1

Pinirhiza angularis



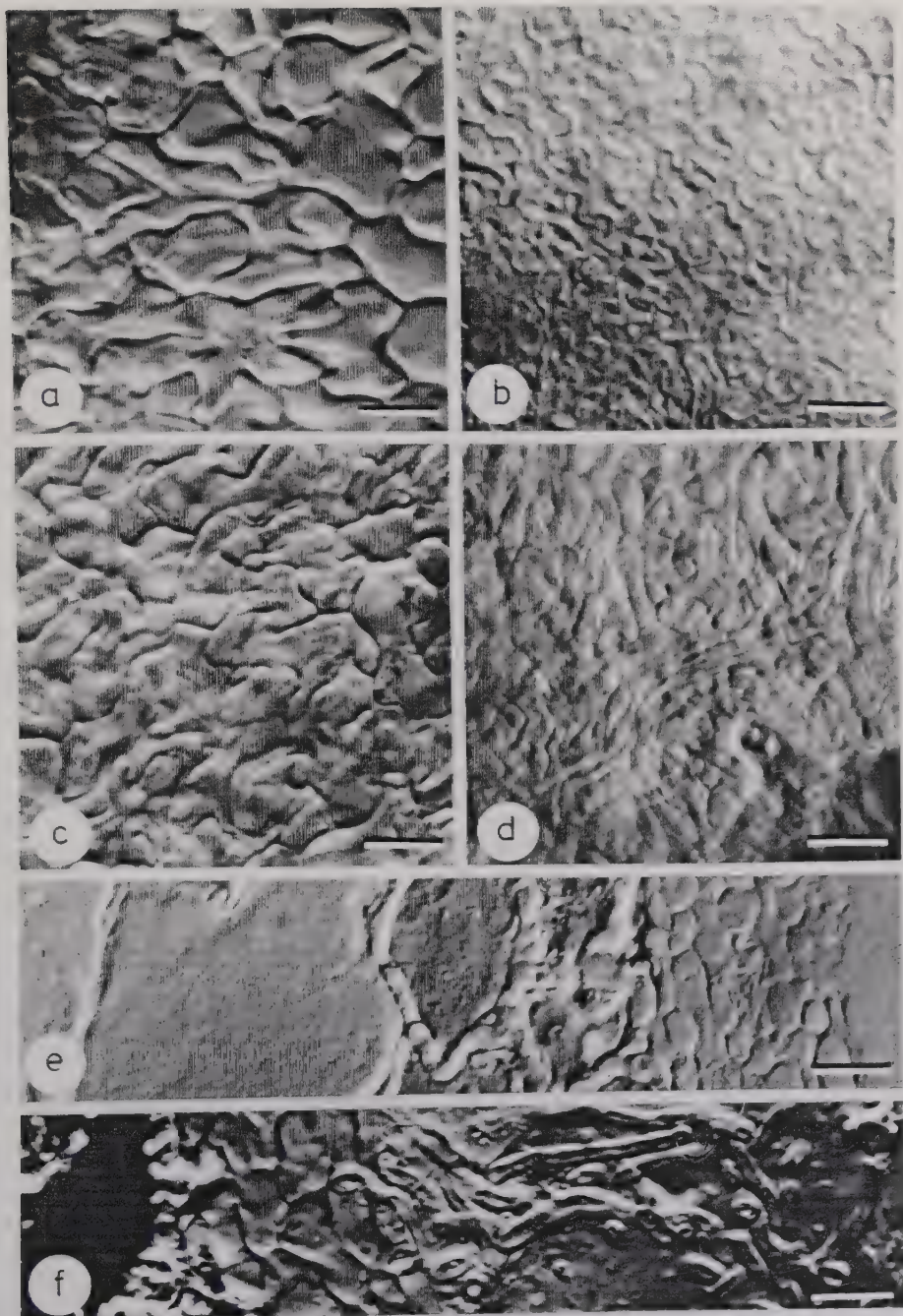


Abbildung 25.1

a) Habitus der Mykorrhiza von *Pinirhiza angularis* und *Pinus silvestris*; b) Mantelaufsicht auf die Mykorrhizenspitze; c) Mantelaufsicht; d) abziehende Hyphen mit Basalzellen; e) intrahyphale Hyphen in der äußeren Mantelschicht, nach oben 2 Hyphen abziehend; f) Aufsicht auf das Hartigsche Netz -Palmetti-Typ. Alle Abb. von UM-M50.

Abbildung 25.2

a) Mantelaufsicht; b) Aufsicht auf die Mykorrhizenspitze; c) Mantel, etwa 5µm tiefer als a); d) Mantel, mittlere Schicht; e) Querschnitt durch die Mykorrhiza mit Mantel, Tanninzellen, Rindenzellen und Hartigschem Netz; f) Längsschnitt durch die Mykorrhiza mit abziehenden Hyphen (dickwandig, siehe Pfeile), Mantel, Tanninzellen, Rindenzellen und Hartigschem Netz; Alle Abb. von UM-M50.

PINIRHIZA GLOBULARIA ¹⁾ (Abb. 26.1-26.3)

AN PINUS SILVESTRIS

Referenzbeleg: Deutschland, Bayern, Eichstätt, Straße nach Weissenburg, unter Pinus silvestris, leg. M. Uhl, 17.03.1985, Mykorrhiza UM-E70, in M.

Morphologie (Abb. 26.1.a)

Mykorrhizensystem bis zu 2.5mm lang und monopodial-pinnat verzweigt; unverzweigte Enden bis 1,8 mm lang und 0,4mm im Durchmesser, mykorrhizierte Achse 0.45mm im Durchmesser; Form gerade; Oberfläche glatt, silbrig weiß durch Lufteinschluß; nach Herausstreichen der Luft gelb-ocker; ältere Partien durch Verlust eingeschlossener Luft ebenfalls gelbocker.

Anatomische Merkmale der Oberfläche

Mantelaufsicht (Abb. 26.3.a) plectenchymatisch, kein Muster erkennbar; Hyphen 2.5-5(-10)µm im Durchmesser; Zellwand 0.5µm, in Septennähe bis zu 1µm;

Cystiden: kugelig angeschwollene Zellen im äußeren Mantelbereich mit Durchmessern bis zu 25µm (Wandstärke 0.5-1µm) (Abb. 26.1.c, 26.3.d) und 40-60µm lange schlanke Cystiden (Wandstärke bis 2µm), z.T. aus diesen Kugeln herauswachsend (Abb. 26.2.b).

Tiefer liegende Schichten dichter plectenchymatisch als Mantelaufsicht, ohne kugelige Zellformen, Durchmesser der Hyphen 2,5-5µm; Zellwand 0.5 - 1µm dick (Abb. 26.1.b).

Mantelinnenansicht (Abb. 26.3.b) sehr dicht plectenchymatisch; Hyphen eng aneinanderliegend, ausgebuchtet, 3-5µm breit; keine regelmäßigen Muster erkennbar; Zellwand bis 0.5µm dick. Schnallen im Mantel selten.

Abziehende Hyphen (Abb. 26.2.a) 2,5-5µm im Durchmesser; Zellwand 0.5µm dick (in Septennähe bis zu 1µm); Hyphen glatt; Hypheninhalt und -wände hyalin; Schnallen selten.

¹⁾globularia=kugelig

Rhizomorphen wurden nicht beobachtet.

Anatomische Merkmale im Querschnitt (Abb. 26.2.c)

Mantel: Plectenchymatisch, 20-30µm dick; innere Schicht 20µm stark; äußere Schicht aus den kugelig aufgetriebenen Zellen und den schlanken Cystiden bestehend (siehe Mantelaufsicht). Hyphen tangential 5-10µm, radial 2-4µm; Tanninzellen eine Reihe, unregelmäßig zusammengedrückt, mit konkaven Einbuchtungen; tangential (10)20-45µm, radial 5-13(15)µm, TCt = 30,3µm; TCq: 3.3.

Rindenzellen: bei manchen Zellinhalt graubraun; 3-4 Reihen; rundlich, tangential (20)25-40(45)µm, radial (15)20-50µm; CCT = 38.3µm; CCq= 1,23.

Hartig'sches Netz: 3-4 Rindenzellenreihen tief; Hartig'sches Netz um die Tanninzellen 3-7µm dick, eine Hyphenreihe, Zellen rund; um die Rindenzellen: 2-4µm dick, 1 Hyphenreihe, Zellen rund bis langgestreckt.

Anatomische Merkmale im Längsschnitt (Abb. 26.2.d)

Mantel plectenchymatisch, 20-30µm dick; zwei Schichten (s.o.); Hyphen tangential 4-12µm, radial 5-11µm.

Tanninzellen unregelmäßig zusammengedrückt, mit konkaven Einbuchtungen; tangential (25)30-60(75)µm, radial 5-13(15)µm; TCt= 44.5µm; TCq= 4.8.

Rindenzellen rund bis radial-oval; tangential (15)20-50(65)µm, radial (15)20-50µm, CCT = 32.8µm; CCq: 1.1.

Hartig'sches Netz vom Palmetti-Typ mit 2-5µm breiten Lopen (Abb. 26.1.e).

Farbreaktionen in verschiedenen Reagenzien

Anilin: --; Brillant-Kresyl-Blau: blau; nach Waschen mit Wasser: Ränder des Mantelstückes leicht violett; Baumwollblau: --; Ethanol 70%: --; Guaiac: --; Eisensulfat: --; KOH 15%: --; Melzer's Reagenz: --; Phenol: --; Phenol-Anilin: --; Säure-Fuchsin: --; Sulfo-Vanillin: --.

Autofluoreszenz

Ganze Mykorrhiza UV 254nm:--; UV 366nm: --; Mantel: UV-filter(340-380nm): blau; Blaufilter(450-490nm): leicht gelblich; Grünfilter:(530-560nm): --. abziehende Hyphen: UV-filter: blau; Blaufilter: --; Grünfilter: --.

Hartig'sches Netz: --;

Kernfärbung wegen Materialmangels nicht durchgeführt.

Verwendetes Material

Referenzbeleg.

Diskussion

Ungewöhnlich ist bei dieser Ektomykorrhiza die monopodial-pinnate Verzweigung, die man bei Pinus-Ektomykorrhizen nicht erwartet.

Abbildung 26.1

Pinirhiza globularia

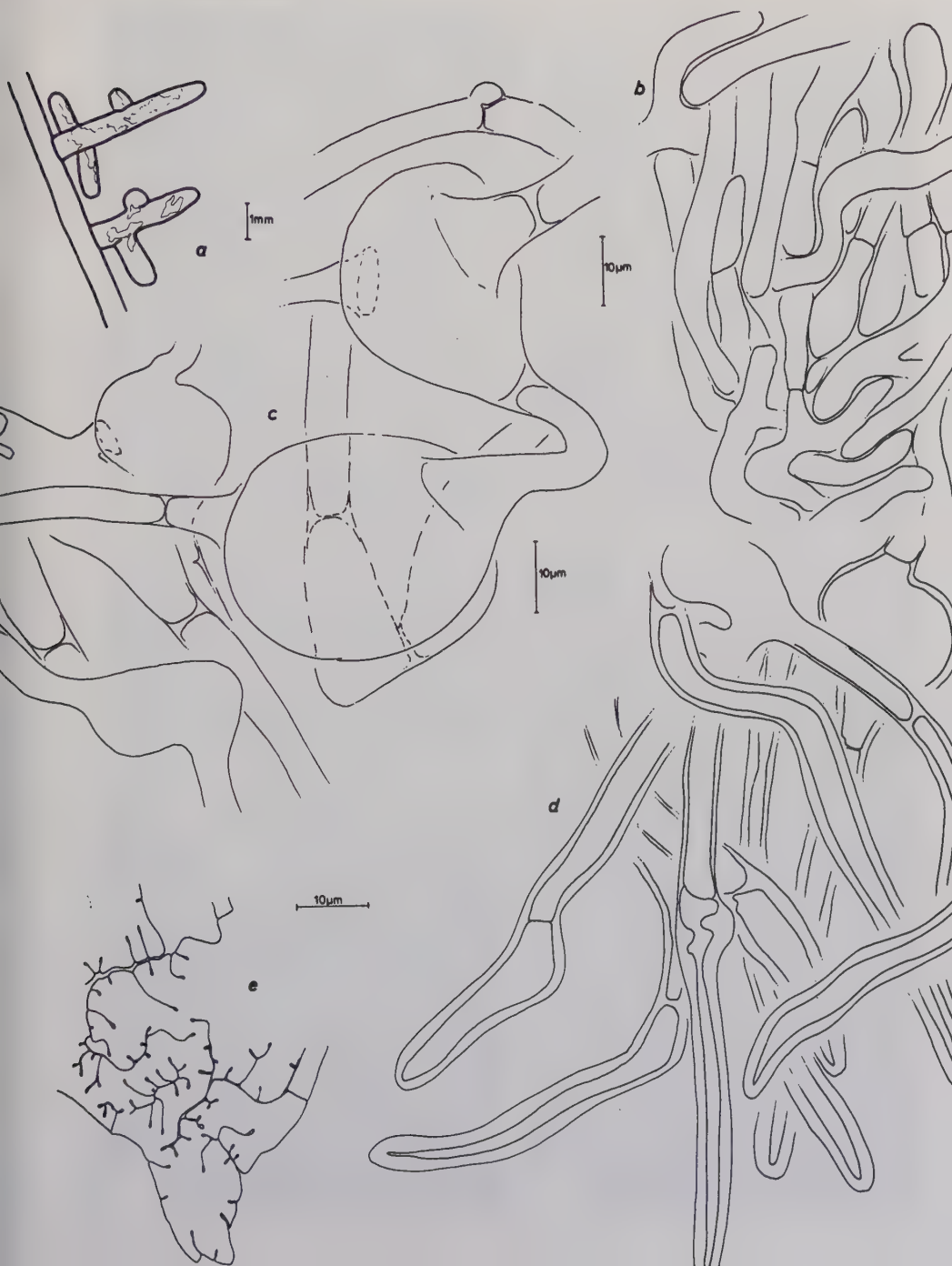


Abbildung 26.2

Pinirhiza globularia

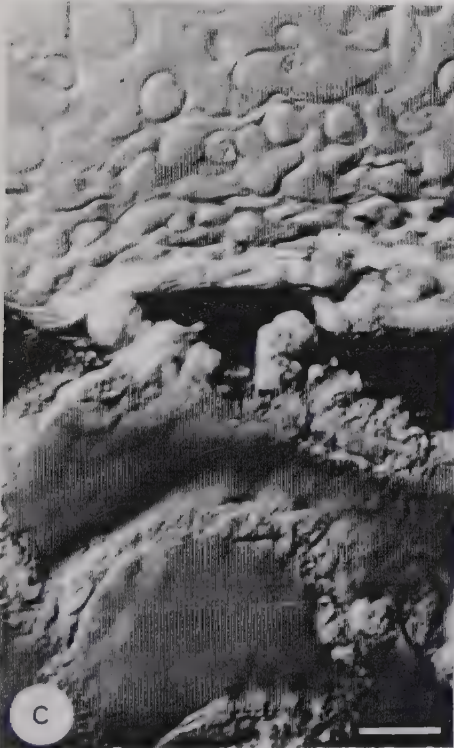
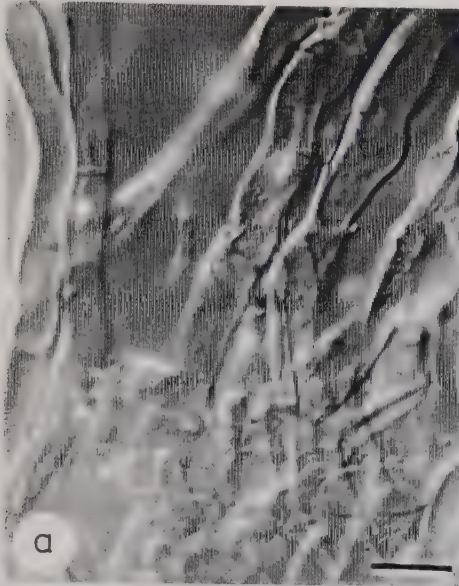


Abbildung 26.3

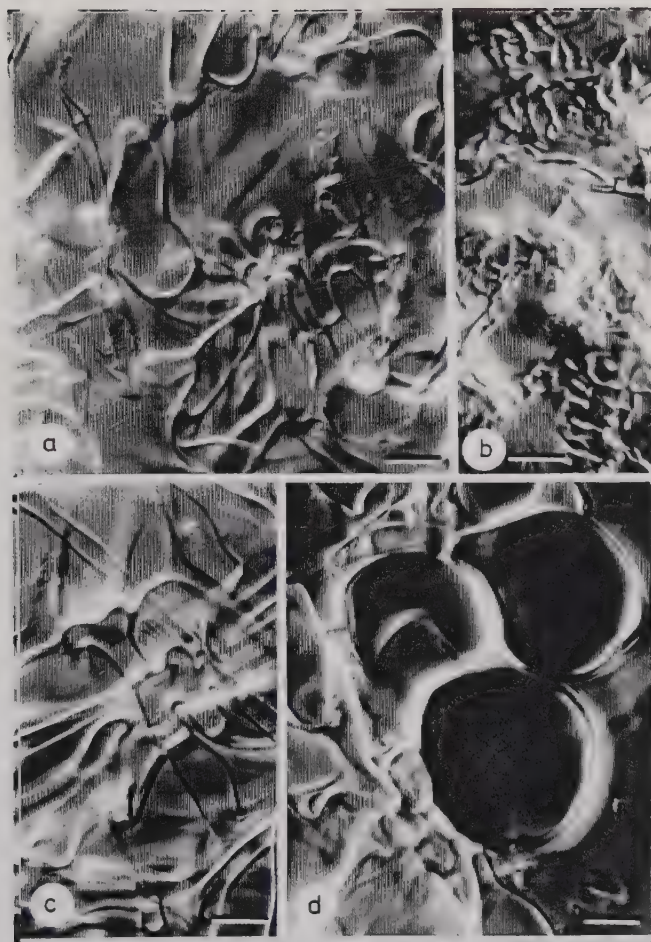


Abb. 26.3

a) Mantelaufsicht; b) Mantelinnenansicht;
 c) abziehende Hyphen mit typischen Hyphenverbindungen (Anastomosen); d) kugelig aufgetriebene Hyphen in der äußersten Mantelschicht.
 Alle Abb. von UM-E70.

Abbildung 26.1

a) Habitus der Mykorrhiza von *Pinirhiza globularia* an *Pinus silvestris*; b) Mantel, mittlere Schicht; c) kugelig aufgetriebene Hyphen in der äußersten Mantelschicht; d) schlanke, dickwandige Cystiden in der äußersten Mantelschicht; e) Aufsicht auf Hartigsches Netz, Palmetti-Typ. Alle Abb. von UM-E70.

Abbildung 26.2

a) Abziehende Hyphen; b) dickwandige (Pfeil) Cystiden in der äußersten Mantelschicht; c) Querschnitt durch die Mykorrhiza mit Mantel, Tanninzellen, Rindenzellen und Hartigschem Netz; d) Längsschnitt durch die Mykorrhiza mit kugelig aufgetriebenen Hyphen, Mantel, Tanninzellen und äußere Rindenzellen. Alle Abb. von UM-E70;

Abbildung 26.3

a) Mantelaufsicht; b) Mantelinnenansicht; c) abziehende Hyphen mit typischen Hyphenverbindungen (Anastomosen); d) kugelig aufgetriebene Hyphen in der äußersten Mantelschicht. Alle Abb. von UM-E70.

8. Elektrophorese, Ergebnisse und Diskussion

Auf der Suche nach Merkmalen, die über die Morphologie und Anatomie hinaus Hilfen zur Charakterisierung und Identifizierung von Ektomykorrhizen geben, sollte in ersten Vorversuchen an ausgewählten Beispielen geprüft werden, ob sich die eindimensionale Elektrophorese eignet, Ektomykorrhizen durch Bandenmuster so zu charakterisieren, daß eine Identifizierung möglich würde.

Erste Versuche stammen von Seviour und Chilvers (1972), die aber danach zumindest an Ektomykorrhizen nicht mehr weiterverfolgt wurden.

Angeregt durch die Ergebnisse von Hepper an VA-Mykorrhizen (Hepper 1987) und die Untersuchungen an Mykorrhizinen (Proteine, die nur von den Mykorrhizen, nicht aber von den einzelnen Symbiose-Partnern gebildet werden) von Hilbert et al. (1987), wurde versucht, entsprechende Techniken auf Ektomykorrhizen der Kiefer anzuwenden. Dabei wurden folgende Fragen untersucht:

1. Kann ein aussagekräftiges Bandenmuster aus wenigen Mykorrhizenspitzen gewonnen werden?
2. Welche Aufarbeitungsmethode bringt in vertretbar kurzer Zeit Ergebnisse?
3. Können die Gele leicht ausgewertet werden oder ist eine densitometrische Auswertung notwendig?
4. Wie unterscheiden sich die Bandenmuster von Hut, Stiel und Mykorrhiza eines bestimmten ektomykorrhizenbildenden Pilzes?
5. Wirken Banden, die von den Wurzelzellen des Baumes herrühren, störend?
6. Wie unterscheiden sich die Bandenmuster von homologen Organen unterschiedlicher aber ähnlicher ektomykorrhizabildender Pilzarten einer Gattung?

Untersucht wurden die Ektomykorrhizen von Dermocybe hoxantha, Dermocybe semisanguinea und Tricholoma auratum sowie die Fruchtkörperstiele von Dermocybe hoxantha, D. semisanguinea, D. hoxantha und sowohl Hut als auch

Stiel von Tricholoma auratum.

zu 1. Die Versuche von Seviour und Chilvers (l.c.) gehen von 300 Wurzelspitzen pro Elektrophoreselauf aus. Dies ist eine entschieden zu hohe Menge an Material. Da sich seit 1976 jedoch die Nachweisgrenzen der Elektrophorese sehr stark verringert haben, setzten wir eine steigende Anzahl Wurzelspitzen ein. Dabei ergaben etwa 3 Wurzelspitzen ein Bandenmuster, das ein Optimum zwischen zu schwachen Banden und unvertretbar hohem Materialeinsatz ergab. Jedoch waren auch Läufe mit 1-2 aufgearbeiteten Wurzelspitzen noch interpretierbar, zumal, wenn man an die Commassie-Blue-Färbung noch einen Silverstain anschloß. Elektrophoresen können also mit einem vertretbaren Materialaufwand durchgeführt werden.

zu 2.

Die Herstellung eines Aceton-pulvers (siehe S.16) war die Methode der Wahl, da sie mit vernünftigem Zeitaufwand sehr gute Bandenmuster ergab. Sehr positiv war die Konzentrierung durch den Aceton-Fällungs-Schritt.

zu 3. Die Auswertung der Gele kann leicht erfolgen, wenn sie nicht überladen sind. Steigt die Anzahl der sichtbaren Banden durch zu hohen Proteineinsatz an, ist ein densitometrisches Auswerten unumgänglich, besonders wo eine quantitative Auswertung der einzelnen Banden notwendig wird (siehe Frage 6).

zu 4. Untersucht wurden hier Hut, Stiel und Mykorrhiza von Tricholoma auratum (Abb. 28.1). Dabei zeigte sich, daß zwischen allen Pilzteilen Ähnlichkeiten existieren, wobei allerdings die Ähnlichkeit zwischen Stiel und Mykorrhiza nicht größer ist als die zwischen Hut und Stiel oder Hut und Mykorrhiza. Diese Ähnlichkeit wurde auch durch Vergleich der Bandenmuster von Stiel und Mykorrhiza von Dermocybe holoxantha (Abb. 28.3) bestätigt. Von daher scheint eine Identifizierung von Ektomykorrhizen durch Vergleich der Bandenmuster von Fruchtkörperteilen und Mykorrhiza möglich.

zu 5. Bei den Bandenmustern unterschiedlicher Mykorrhizen der gleichen Baumart (Pinus silvestris) traten einige wenige Banden gemeinsam auf, die möglicherweise vom Baum herrühren. Sie waren bei der Auswertung nicht störend. In weiteren Versuchen könnte allerdings bei gleichen Mykorrhizen an verschiedenen Bäumen die Möglichkeit einer Baumartdiagnose erarbeitet werden.

zu 6. Diese Frage wurde an Fruchtkörperteilen der Arten Dermocybe crocea, D. semisanguinea und D. holoxantha untersucht. Dabei stellte sich heraus, daß die Ähnlichkeit der Bandenmuster homologer Pilzteile ähnlich groß ist wie die Übereinstimmungen unter den verschiedenen Pilzteilen desselben Pilzes (Abb. 28.1+2). Dies mag nur für diese einander recht ähnlichen Arten der Gattung Dermocybe gelten, von denen D. crocea und D. holoxantha in der gleichen Sektion stehen, doch macht dies die Interpretation der Gele nun doch schwieriger als zunächst angenommen. Die Unterscheidung in Gattungen scheint jedoch möglich zu sein, was ein Vergleich der Bandenmuster von Mykorrhizen der Gattungen Tricholoma und Dermocybe zeigt (Abb. 28.1+2).

Gesamtbeurteilung

Die eindimensionale Elektrophorese erscheint als Methode der Charakterisierung und Identifizierung geeignet; dies jedoch nur als zusätzliche Methode zur Morphologie und Anatomie.

Eine alleinige Identifizierung einer Mykorrhiza durch Elektrophorese wäre u.U. durch quantitative Auswertung mittels Densitometrie oder durch zweidimensionale Elektrophorese denkbar, wobei aber bei letzterer Methode die jetzt gewählte recht kurze Aufarbeitung durch eine zeitaufwendigere ersetzt werden müßte, da die Proteine für die erste Dimension, eine isoelektrische Fokussierung, nicht denaturiert werden dürfen. Dies schließt aber die Verwendung dieser Methode zur Routinebestimmung von Ektomykorrhizen aus.

Zur quantitativen Auswertung der eindimensionalen Gele

ist ein geeignetes Densitometer mit entsprechender Computerausrüstung nötig. Eine solche Ausrüstung würde darüberhinaus auch den Aufbau einer Referenzbank für Bandenmuster bieten.

Vor einer ausführlichen Anwendung der Methode müßte außerdem noch geklärt werden, ob und wie sich die Bandenmuster der gleichen Mykorrhiza in Abhängigkeit von Sammelzeit im Jahreslauf und Sammelort/Bodeneigenschaften ändern. Dies, sowie Fragen nach den Auswirkungen unterschiedlicher Umwelteinflüsse, müssen jedoch einer weiteren Arbeit dieses Umfangs vorbehalten bleiben.

Abb.28.1

Abb.28.2

28.3

T.auratum H M FS	Dholo Dcro Dssa FS FS FS	Dholo FS M	MP

FS=Fruchtkörperstiel
H =Hut
M =Mykorrhiza
D =Dermocybe
holo =holoxantha
cro =crocea
ssa =semisanguinea
T =Tricholoma
MP=Markerproteine

9. Dünnschichtchromatographie, Ergebnisse und Diskussion

Ebenso wie bei der Elektrophorese sollte in Vorversuchen an ausgewählten Beispielen geprüft werden, ob sich die Dünnschichtchromatographie eignet, Ektomykorrhizen zu identifizieren. Erste Versuche auf diesem Gebiet stammen von Thoen (1977).

Die Fragestellungen waren:

1. Kann ein aussagekräftiges Bandenmuster aus wenigen Mykorrhizenspitzen gewonnen werden?
2. Können FAA-Extrakte verwendet werden?
3. Wie unterscheiden sich die Bandenmuster von Stiel und Mykorrhiza eines bestimmten Mykorrhizenbildenden Pilzes?
4. Wirken Banden, die von den Wurzelzellen des Baumes herrühren, störend?
5. Wie unterscheiden sich die Bandenmuster von homologen Organen unterschiedlicher aber ähnlicher ektomykorrhizabildender Pilzarten einer Gattung?

Untersucht wurden die Ektomykorrhizen von Dermocybe cinabarina an Fagus silvatica, D. sanguinea an Picea abies, D. semisanguinea an Pinus silvestris und D. holoxantha an Pinus silvestris und die jeweiligen Fruchtkörperstiele. Dabei ergaben sich die in Abb. 27.1 und 27.2 gezeigten Bandenmuster. Die Farben der Banden sind durch die Schraffuren angedeutet. * zeigt eine UV-Aktivität an. Rf-Werte finden sich in den Tabellen 1a+b. Die beiden abgebildeten Chromatogramme unterscheiden sich durch die verwendeten Laufmittelgemische.

zu 1. Ein aussagekräftiges Bandenmuster läge vor, wenn die verschiedenen Arten anhand dieses Bandenmusters zu unterscheiden wären. Dies trifft auch bei Verwendung von wenigen Wurzelspitzen noch zu. Bei nur schwach gefärbten Ektomykorrhizen (z.B. D. holoxantha) ist die Zahl der sichtbaren Banden allerdings recht gering.

zu 2. Da beim Fixieren der Ektomykorrhizen FAA verwendet wird, könnte man den sich ergebenden Extrakt bei der Dünnschichtchromatographie einsetzen. Beim direkten Auftragen des Extraktes verbreitert sich die Auftragsstelle sehr stark, da der enthaltene Formaldehyd nur langsam abdunstet. Auch im Sinne einer Konzentrierung müssen die Extrakte zunächst zur Trockne eingedampft und mit wenig Ethanol reextrahiert werden.

zu 3. Die Bandenmuster von Stiel und Mykorrhiza unterschieden sich in jedem Fall und zwar stärker als dies von Thoen (1977) beobachtet wurde (Abb.27.1+2).

zu 4. Banden, die von den Wurzelzellen stammen könnten, würden bei Verwendung verschiedener Mykorrhizen der gleichen Baumart in Farbe und Lage gleich sein, jedoch in den Fruchtkörperextrakten nicht gefunden werden können. Dies lag hier nicht vor. Daher kann davon ausgegangen werden, daß potentiell störende Substanzen nicht vorhanden, oder in nicht nachweisbarer und damit nicht störender Menge extrahiert wurden.

zu 5. Die Bandenmuster der drei unterschiedlichen Mykorrhizen der Gattung Dermocybe an Pinus silvestris wiesen Ähnlichkeiten auf, die offenbar von gleichen Pigmenten herrühren. Dies ist für die Fruchtkörper bereits eingehend untersucht (Gruber 1970; Hoiland 1983) und damit nicht überraschend. Die Unterschiede sind deutlich genug, um eine Differenzierung zumindest der hier untersuchten Arten zuzulassen.

Gesamtbeurteilung

Die Dünnschichtchromatographie erscheint als eine Methode zur Charakterisierung und Identifizierung geeignet; dies jedoch nur als zusätzliche Methode zur Morphologie und Anatomie. Eine Identifizierung einer Mycorrhiza nur durch Chromatographie wäre möglich, wenn einschlägige Vergleichsubstanzen zur Verfügung stünden und von jeder Ektomykorrhiza ein durch morphologische und anatomische Daten abgesichertes Referenzchromatogramm erstellt wäre.

Eine Identifizierung nur durch Vergleich der Chromatogramme Fruchtkörper/unbekannte Mykorrhiza erscheint ohne Identifizierung der einzelnen Pigmente wegen der möglichen ähnlichen Pigmentausrüstungen (Hilal 1983) als sehr schwierig. Auch müßte noch abgesichert werden, ob sich die Aufsammlungen von verschiedenen Zeiten oder Orten in Bezug auf die Variabilität der Inhaltstoffe in Ausstattung und Quantität vergleichen lassen.

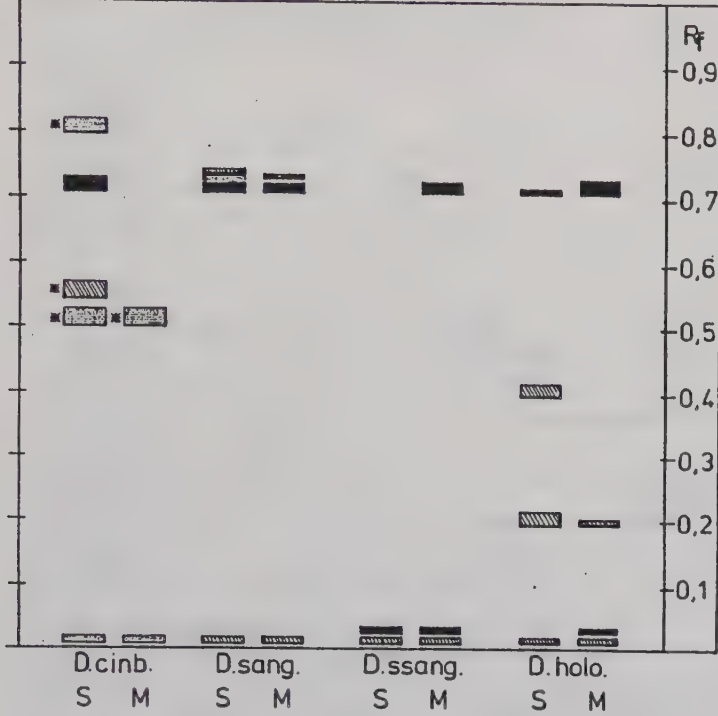
Tab.1a hRf-Werte und Farben der Banden BENZOL

R _f x 100	D.cinb.		D.sang.		D.ssang		D.holo.	
	S	M	S	M	S	M	S	M
0-15	-	-	7 rot* 8 gelb -	7 rot* 8 gelb -	5 UV* 7 rot* 10 gelb	5 UV* 7 rot* 10 gelb	8 rot* 9,5 gelb -	8 rot* 9,5 gelb -
15-40	29 rot* 31 gelb 33 gelb	25 rot* - -	25 UV - -	- - -	19 UV 24 UV -	- - -	- - -	- - -
40-60	45 rot* 55 UV -	42 rot* - -	48 rot* 51 gelb -	51 gelb* 53 rot* 55 UV 58 rot	- - - -	- - 55 UV -	- - - 55 UV	- - - 55 UV
60-100	79 rot 77 gelb	- -	- -	- -	79 rot -	- -	73 rot 76 gelb	- 76 gelb

Tab.1b hRf-Werte und Farben der Banden TOLUOL

R _f x 100	D.cinb.		D.sang.		D.ssang		D.holo.	
	S	M	S	M	S	M	S	M
0-15	1 rot -	1 rot -	1 gelb -	1 gelb -	1 gelb 2 UV	1 gelb 2 UV	1 gelb -	1 gelb 2 UV
15-40	-	-	-	-	-	-	2 gelb	2 gelb
40-60	52 rot* 55 gelb*	52 rot* -	- -	- -	- -	- -	41 gelb -	- -
60-100	72 UV 80 rot*	- -	72 UV 73 rot 74 gelb	72 UV 74 gelb	- -	72 UV -	71 UV -	72 UV -

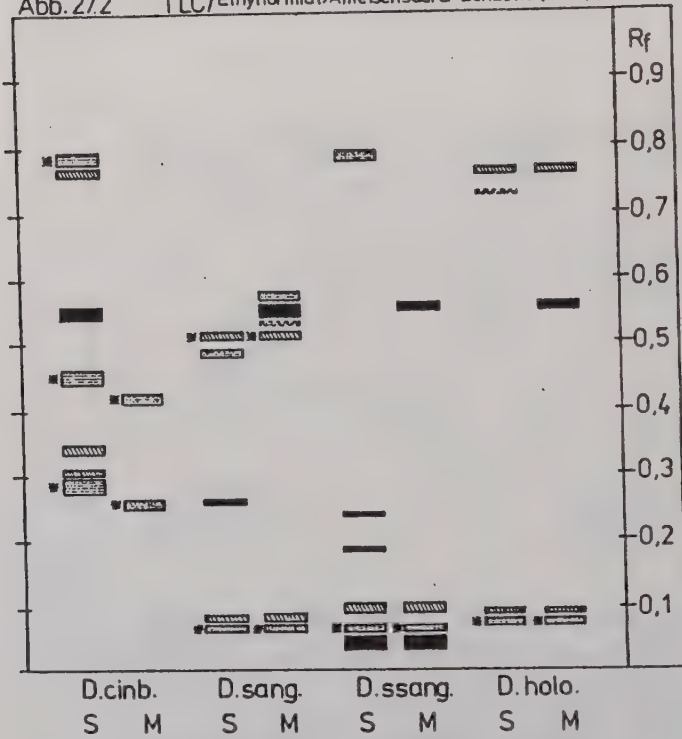
Abb. 271 TLC / Ethylformiat/Ameisensäure/Toluol (24,5/1/74,5)



Legende:

= rot
 = gelb
 = blau UM
 = zusätzlich UV- bande

Abb. 272 TLC/Ethylformiat/Ameisensäure/Benzol (2,5/1/7,5)



Legende:

= rot

= gelb

= blau (UV)

= zusätzlich UV-bande

D. Diskussion

Im folgenden sollen nun alle verwendeten Merkmale in ihren Ausprägungen diskutiert und in ihrer Aussagekraft gewertet werden.

Verzweigungsart der Mykorrhiza

Im allgemeinen sind die Ektomykorrhizen an *Pinus* gabelig verzweigt. Unterschiede bestehen allerdings in der Ausprägung dieser Gabelung. So kann durch fortgesetztes Verzweigen ein koralloider Eindruck entstehen (*Rhizopogon luteolus*, *Pinirhiza angularis* und *Suillus collinitus*). Am häufigsten sind jedoch Gabelmykorrhizen mit relativ niederem Verzweigungsgrad, wobei die Verzweigung regelmäßig und unregelmäßig sein kann.

Regelmäßig war die Verzweigung bei *Tricholoma auratum*, *Cortinarius odorifer*, *Cortinarius spec.*, *Amanita muscaria*, *Pinirhiza rosea*, *Lactarius deliciosus*, *Pinirhiza ochrolactans*, *Tylophilus felleus*, *Cenococcum geophilum* und *Pinirhiza spinulosa*.

Unregelmäßig war die Verzweigung bei *Tricholoma sejunctum*, *Cortinarius malachius* und *Pinirhiza tortuosa*.

Dagegen war die Gabelung bei *Dermocybe crocea*, *Dermocybe holoxantha* und *Dermocybe semisanguinea* kaum zu erkennen. Der gabeligen Verzweigung steht die monopodiale Verzweigung gegenüber. Diese kann pinnat (Seitenäste in einer Ebene) oder pyramidal sein (Seitenäste in mehreren Ebenen). Ungewöhnlich war, daß *Pinirhiza globularia* mit dieser, an sich für Nicht-*Pinus*-Mykorrhizen typischen Verzweigung gefunden wurde.

Monopodial-pinnat verzweigt waren *Pinirhiza globularia* und *Quercirhiza atrata*.

Monopodial-pyramidal waren die drei *Tricholoma*-Mykorrhizen an *Picea abies*, *T. aurantium*, *T. saponaceum* und *T. vaccinum* und unregelmäßig verzweigt die Ektomykorrhiza von *Tricholoma flavobrunneum* an *Betula pendula*.

Die Verzweigungsart ist ein deutliches und leicht bestimmbares Merkmal. In Kombination mit der Wuchsform und der Farbe der Mykorrhiza ist sie ein gutes Merkmal, um

sich einen Überblick über eine Reihe von Aufsammlungen zu verschaffen.

Wuchsform der unverzweigten Enden

Bei der Wuchsform unterscheidet man gerade, gewunden (Windungen liegen in einer Ebene) und geschlängelt (Windungen liegen in mehreren Ebenen). In der folgenden Tabelle sind die Arten den jeweiligen Wuchsformen zugeordnet.

Tabelle 2; Zuordnung von Wuchsformen zu den Arten

gerade	<u>Tricholoma saponaceum</u> , <u>T. sejunctum</u> , <u>Dermocybe crocea</u> , <u>Amanita muscaria</u> , <u>Pinirhiza rosea</u> , <u>Lactarius deliciosus</u> , <u>Pinirhiza ochrolactans</u> , <u>Tylopilus felleus</u> , <u>Cenococcum geophilum</u> , <u>Quercirhiza atrata</u> , <u>Pinirhiza spinulosa</u> , <u>Pinirhiza globularia</u> .
gewunden	<u>T. auratum</u> , <u>T. flavobrunneum</u> , <u>T. aurantium</u> , <u>T. vaccinum</u> , <u>Dermocybe holoxantha</u> , <u>Dermocybe semisanguinea</u> .
geschlängelt	<u>Cortinarius odorifer</u> , <u>C. malachius</u> , <u>C. spec.</u> , <u>Pinirhiza tortuosa</u> .

Farbe der Mykorrhiza

Von den 25 hier beschriebenen Mykorrhizen waren 9 rein weiß bis weißlich oder schmutzig-weiß. Da die Mantelstruktur in allen neun Fällen ebenfalls gleich war, nämlich locker plectenchymatisch, waren dies die am schwierigsten zu charakterisierenden und zu differenzierenden Mykorrhizen. Diese Ectomycorrhizen gehörten zu den Gattungen Tricholoma (T. auratum, T. flavobrunneum, T. aurantium, T. saponaceum, T. vaccinum, T. sejunctum), Amanita (A. muscaria), Tylopilus (T. felleus) und Cortinarius (C. spec. uq sericeocybe). Zumindest der Vertreter aus der Gattung Cortinarius und die sechs Tricholoma-Mykorrhizen wären nach den bisherigen Einteilungshilfen in die gleiche Kategorie gestellt worden.

Die Farbe Weiß ist als Merkmal wenig brauchbar, da sie als Farbeindruck durch Totalreflexion entsteht und die Abwesenheit von Pigmenten anzeigt. Die bei weißen Ekto-mykorrhizen häufig fleckenweise auftretende Brauntönung

kommt besonders an den Stellen zustande, wo durch Herausstreichen der Luft die Wurzelzellen durchscheinen.

Eine weitere, häufig vertretene Farbe war Gelb. Acht der hier beschriebenen Ectomykorrhizen zeigen eine gelbe Farbe, die von weißlich-gelb (Dermocybe semisanguinea; Cortinarius malachius) über schwefelgelb (Dermocybe crocea) und gelblichbraun bis gelb-ocker (Cortinarius odorifer) und goldgelb (Lactarius deliciosus) reicht.

Die Ectomykorrhiza von Lactarius deliciosus war an ihren sehr dicken und zahlreichen, goldgelben Rhizomorphen, die sich im Alter grün verfärben, zu erkennen. Die Mykorrhiza selbst ist goldgelb bis orange-braun, die Latiferen sind unter der äußersten Mantelschicht als goldgelbes Netz zu sehen. Die Mykorrhiza von Rhizopogon luteolus ist ebenfalls gelb, hat aber besonders in älteren Teilen rotbraune bis zimtbraune Flecken. Die rotbraunen Rhizomorphen, die auch am Fruchtkörper auftreten, sind das deutlichste Merkmal dieser Mykorrhiza.

An Ektomykorrhizen mit rötlichen Tönen konnten nur zwei beobachtet werden, wobei die Ektomykorrhiza von Suillus collinitus von einem rötlichen Mycel eingehüllt ist, das auch die Stielbasis des Fruchtkörpers umgibt.

Die Ektomykorrhiza von Pinirhiza rosea ist an sich weiß, erscheint aber durch die z.T. rot inkrustierten, äußeren Mantelhyphen rötlich überhaucht.

Drei der beschriebenen Ektomykorrhizen waren schwarz oder schwarzbraun, wobei eine die bereits an Fichte beschriebene tiefschwarze Ektomykorrhiza von Cenococcum geophilum ist. Pinirhiza spinulosa und Quercirhiza atrata sind eher schwarzbraun, wobei die im Vergleich zu Cenococcum dünneren Zellwände für den helleren Farbeindruck verantwortlich sind. Anhand anderer Merkmale (Cystiden, Mantelstruktur, Schnallen) können diese Ektomykorrhizen jedoch leicht unterschieden werden

Zu prüfen ist bei gefärbten Mykorrhizen auf jeden Fall, wie der jeweilige Farbeindruck zustande kommt. Dabei können Pigmente auf die Zellwand aufgelagert sein, wie bei Pinirhiza rosea oder Dermocybe semisanguinea; oder

sie sind in die Zellwände eingelagert, wie bei Cenococcum geophilum, Pinirhiza spinulosa oder Quercirhiza atrata. Das Pigment kann aber auch plasmatisch vorliegen, wie bei Pinirhiza angularis.

Für das unterschiedliche Ausfallen der Farbe einer Ektomykorrhiza ist manchmal die Variabilität des jeweiligen Farbtones im Verlauf der Ontogenie verantwortlich. Kann dies jedoch berücksichtigt werden, ist die Farbe einer Mykorrhiza ein durchaus wertvolles Merkmal für ein erstes Einordnen eines Mykorrhizenfundes.

Oberfläche der Mykorrhiza

Von den 26 hier beschriebenen Ektomykorrhizen können 16 durch eine mehr oder weniger locker strähnige Oberfläche, die von einem plectenchymatischen Mantel herrührt, charakterisiert werden. Hier sind dann Merkmale, wie das Vorhandensein oder Fehlen von Schnallen, Kontaktschnallen, Anastomosen, Inkrustationen oder die Struktur weiter innen liegender Schichten des Mantels bei der Differenzierung entscheidend.

Auffällig waren bei manchen plectenchymatischen Ektomykorrhizen parallele Strukturen in den mittleren Mantelschichten. Dabei bildeten über Kreuz laufende, flache Stränge von vier bis fünf parallellaufenden Hyphen ein grobmaschiges Netz, durch dessen Öffnungen Inseln von stark gebogenen und gebuchteten Zellen sichtbar waren. Diese Struktur trat besonders bei Ektomykorrhizen der Gattung Cortinarius auf, weshalb es dort auch als Schlüsselmerkmal Verwendung fand. Daneben wurde die Struktur aber auch bei Pinirhiza rosea beobachtet.

Die Mantelstrukturen der drei schwarzen bis schwarzbraunen Mykorrhizen waren nur scheinbar pseudoparenchymatisch;

Obwohl durch die dicken gemeinsamen Hyphenwände der Eindruck eines zelligen Gewebes entsteht, waren die einzelnen Hyphenzüge noch zu erkennen.

Pseudoparenchymatisch organisiert war der Mantel von Pinirhiza ochrolactans, die man aufgrund ihrer Laticiferen in tieferen Mantelschichten trotz fehlender, deutlicher Rhizomorphen, vorsichtig der Gattung Lactarius zuordnen

kann.

Pinirhiza angularis ist eine nichtidentifizierte Ektomykorrhiza mit angulären Mantelzellen. Viele Zellen der äußersten Mantelschicht waren granulär gelb pigmentiert. Besonders auffällig strukturiert war der Mantel einer reinweißen Mykorrhiza mit großen Kugelzellen und schlanken, dickwandigen Cystiden in der äußeren Mantelschicht (Pinirhiza globularia).

Im Zusammenhang mit Wuchsform, Farbe und Rhizomorphenorganisation ist die Struktur der Manteloberfläche ein gutes Merkmal. Als Merkmal für sich alleine ist die Struktur der Manteloberfläche gerade bei den hier vorliegenden Arten weniger bedeutsam, da es sich meist um plectenchymatische Mäntel handelt. Dadurch ist man bei der Artunterscheidung der hier beschriebenen Ektomykorrhizen in jedem Fall auf weitere Merkmale angewiesen.

Mantelinnenfläche

Bei Mykorrhizen mit plectenchymatischem Mantel (s.o.) ist die Mantelinnenseite lediglich nur sehr viel dichter als die Oberfläche. Zusätzlich sind die ineinander verflochtenen Hyphen oft stark gewunden und ausgebuchtet. Die drei schwarzen bzw. schwarzbraunen Mykorrhizen lassen sich durch ihre Mantelinnenfläche in jedem Fall unterscheiden. Bei Cenococcum geophilum ist die Innenfläche sehr dicht plectenchymatisch. Bei Pinirhiza spinulosa ist die Innenfläche dicht plectenchymatisch bis zellig und bei Quercirhiza nigra pseudoparenchymatisch epidermoid, wobei nicht alle Hyphen eng aneinanderanschießen.

Die strukturellen Merkmale der Mantelinnenseite scheinen nach den hier dargelegten Daten weniger wichtig zu sein, wenn sie auch in einzelnen Fällen zur Differenzierung von ähnlichen Ektomykorrhizen, insbesondere in Kombination mit der Manteloberfläche, beitragen können.

Abziehende Hyphen

Die meisten Ektomycorrhizen haben in irgendeiner Form abziehende Hyphen. Interessant sind hier vor allem Inkrustationen, die tropfen- (Suillus collinitus), warzen- (Tricholoma flavobrunneum) oder nadelförmig (Tricholoma aurantium) aber auch kristallförmig (Dermocybe semisan-guinea) sein können.

Auch die Farbe der Inkrustationen kann diagnostisch wertvoll sein, obwohl hier durch Boden-pH unwägbare Veränderungen zu erwarten sein könnten, da diese Inkrustationen oft bereits in schwachen Säuren löslich sind (Tricholoma flavobrunneum; Tricholoma aurantium; T. vaccinum; T. sejunctum).

Besondere Bedeutung aber haben die Hyphenverbindungen. Anastomosen zwischen Hyphen sind eine häufige Erscheinung. Diese Anastomosen können einfach sein, wobei sich lediglich die Zellwände der beiden berührenden Hyphen auflösen (deutlich z.B. bei Pinirhiza globularia).

Diese Anastomose kann aber auch ein Septum haben, das bei der Verschmelzung eingezogen wurde (Kontaktseptum; Tricholoma flavobrunneum, T. saponaceum, T. vaccinum, Pinirhiza tortuosa).

Hyphen können aber auch über eine Schnalle verbunden sein (Kontaktschnalle; bei allen hier beschriebenen Ektomycorrhizen der Gattung Dermocybe und bei Pinirhiza tortuosa).

Die Art der Hyphenverbindung ist ein meist schnell und einfach zu ermittelndes Merkmal. Es sollte in keiner noch so kurzen Beschreibung einer Ektomycorrhiza fehlen.

Rhizomorphen

Rhizomorphen unterscheiden sich bereits durch die Art ihres Ansatzens an der Oberfläche der Mykorrhiza. Sie können mehr oder weniger senkrecht abstehen wie bei Tylopilus felleus oder Lactarius deliciosus oder sich lange an der Mykorrhiza entlangziehen, um dann in flachem Winkel in das Substrat auszustrahlen. Letztere Form konnte bei 14 der 25 beschriebenen Mykorrhizen beobachtet werden. Darunter sämtliche Ektomycorrhizen der Gat-

tungen Tricholoma, Dermocybe, Cortinarius und Amanita. Für die Farben der Rhizomorphen gilt das für die Mykorrhizen allgemein Gesagte.

Die weitaus wichtigsten anatomischen Unterschiede ergeben sich aber aus der Organisation der Rhizomorphen. Von den 22 beschriebenen Ektomycorrhizen mit Rhizomorphen hatten 9 differenzierte und 11 nicht differenzierte Rhizomorphen (siehe Tabelle 3). Nicht differenziert bedeutet dabei die Bündelung mehr oder weniger parallel verlaufender gleichgestalteter Hyphen. Differenziert nennt man jede Abweichung davon.

Tabelle 3 Zuordnung von Rhizomorphentypen zu den Arten

	Arten
nicht differenzierte Rhizomorphen	<u>Tricholoma sejunctum</u> ; <u>Dermocybe crocea</u> ; <u>Dermocybe holoxantha</u> ; <u>Dermocybe semisanguinea</u> ; <u>Cortinarius odorifer</u> ; <u>Cortinarius spec.</u> ; <u>Pinirhiza tortuosa</u> ; <u>Pinirhiza rosea</u> .
differenzierte Rhizomorphen mit Zentralstrang	<u>Tricholoma flavobrunneum</u> ; <u>T. aurantium</u> ; <u>T. saponaceum</u> ; <u>T. vaccinum</u> ; <u>Cortinarius malachius</u> ; <u>Rhizopogon luteolus</u> ; <u>Suillus collinitus</u> ; <u>Tylopilus felleus</u> .
mit dünn. und dick. Hyphen ohne Zentr.st.	<u>Tricholoma auratum</u> ; <u>Lactarius deliciosus</u> .
mit variablem Septenabstand	<u>Amanita muscaria</u> .

Die häufigste Differenzierung ist die Zentralstrangrhizomorphe, wobei eine oder mehrere mehr oder weniger zentral liegende, großlumige Hyphen von peripher liegenden, dünneren Hyphen umgeben sind. Aber auch eine Zentralhyphe, die nicht erheblich dicker ist, sich aber in Septenabstand und Septenausprägung von den umgebenden Hyphen unterscheidet, ist für diese Gruppe der Rhizomorphen charakteristisch (z. B.: bei Amanita muscaria).

Ebenfalls als differenzierte Rhizomorphen gelten solche, bei denen es dünnere und dickere, aber nicht zentral angeordnete Hyphen gibt (Tricholoma auratum). Auch die Rhizomorphe der Ektomykorrhiza von Lactarius deliciosus

gilt als differenziert, da eine Lage dünner aber dickwandiger Hüllhyphen die dickeren aber dünnwandigeren inneren Hyphen einhüllt. Zwischen die inneren Hyphen sind dann noch einige Laticiferen eingestreut.

Von den hier beschriebenen Ektomykorrhizen hatte Rhizopogon luteolus die am komplexesten organisierten Rhizomorphen. Diese hatten eine ein bis zweilagige Rinde aus dünnen, dickwandigen Hyphen; danach schlossen sich dickere, dünnwandige Hyphen an, in die wiederum mehr oder weniger zentral gelegen großlumige, dünnwandige Hyphen eingebettet waren.

Die verschiedenen Organisationsformen der Rhizomorphen treten innerhalb der Ektomykorrhizengattungen Tricholoma und Cortinarius auf.

Für die Gattungsdifferenzierung ist dieses Merkmal allein dadurch zwar unerheblich, bildet aber ein sehr wertvolles Schlüsselmerkmal für die Differenzierung der Arten.

Cystiden

Cystiden wurden bei den hier beschriebenen Ektomykorrhizen nur bei zwei Mykorrhizen beobachtet. Pinirhiza globularia wurde bereits bei der Diskussion der Mantelaufsicht erwähnt und ist durch große kugelig aufgeblasenen Hyphen und durch schlanke, 40-60µm lange, dickwandige Cystiden gekennzeichnet.

Bei Pinirhiza nigra treten vereinzelt schlanke, spitze, etwa 35µm lange Cystiden auf, die sich jeweils aus einer Basalzelle entwickeln. Auch wenn hier nur diese beiden Ektomykorrhizen durch Cystiden charakterisiert sind, sind doch Cystiden ein wertvolles Merkmal, das besonders bei Ektomykorrhizen aus den Gattungen *Tuber* (Blaschke 1988) und *Russula* (Voiry 1981) diagnostisch wichtig zu sein scheint.

Manteldicke

Besonders bei den mehr oder weniger locker plectenchymatischen Mänteln ist die Manteldicke ein nicht sehr verlässliches Merkmal. Allerdings gibt es sehr dünne Mäntel wie bei Dermocybe crocea (5-15µm) aber auch sehr

dicke, wie bei Tylophilus felleus (40-50µm). Alle anderen Manteldicken schwanken zwischen 15 und 30µm, wobei naturgemäß die kompakten pseudoparenchymatischen Mäntel in ihrer Dicke weniger streuen als die nach außen hin immer lockerer werdenden plectenchymatischen Mäntel.

Hyphenmaße im Schnitt

Hier bestätigen sich oft die Meßwerte der Mantelaufsicht. Allerdings treten Schichtungen, die sich im Durchmesser der Hyphen niederschlagen, deutlich zu Tage, wie z.B. bei Lactarius deliciosus.

Ebenso wird bei diesen Messungen indirekt deutlich, ob die Mantelhyphen eine bevorzugte Wachstumsrichtung haben. Bei ungerichtetem Wachstum der Hyphen um die Wurzel ergeben sich Meßwerte, die zwischen der in Aufsicht gemessenen Dicke und den schräg angeschnittenen Hyphen (etwa 3-20µm) streuen, während sich bei bevorzugtem Wachstum z.B. in Wurzellängsrichtung im Längsschnitt eher schräg, im Querschnitt eher quer angeschnittene Hyphen finden.

Solche bevorzugten Wachstumsrichtungen konnten jedoch in keinem Fall festgestellt werden, wenn man von den parallelen Strukturen in mittleren Mantelschichten, wie sie bevorzugt bei Cortinarius-mykorrhizen vorkommen, absieht.

Tanninzellen

Die Tanninzellen werden sowohl im Längs- als auch im Querschnitt tangential und radial vermessen. Aus diesen Werten wird ein Quotient tangential/radial gebildet. Dieser Quotient konnte jedoch weder für Längs- noch für Querschnitt in seinem Wert irgendwelchen Gruppen von Mykorrhizen oder Baumarten zugeordnet werden.

Einen Hinweis auf das Kampfverhältnis Mykorrhizapilz/-Baum (Meyer 1966) könnten allerdings die Reihen der Tanninzellen, die ja in erster Linie Produkte einer Abwehrreaktion des Wirts sind, sein. So haben die Ektomykorrhizen von Lactarius deliciosus und Rhizopogon luteolus fast gar keine Tanninzellen, die meisten anderen Ektomykorrhizen haben eine Reihe Tanninzellen, während in Mykorrhizen von Cenococcum geophilum bis zu drei Reihen

Tanninzellen zu beobachten sind.

Rindenzellen

Auch die Rindenzellen werden ähnlich vermessen und entsprechende Quotienten gebildet. Eine Aussage über den Pilzpartner der Ektomycorrhiza ist auch hier weder über den Wert aus den Längs- noch aus dem Querschnitt möglich. Mit Hilfe des Quotienten tangential/radial im Längsschnitt kann jedoch eine Aussage über die beteiligte Baumart gemacht werden. Dies ist bei Mischbeständen sehr hilfreich.

Der Quotient im Längsschnitt ist bei der Fichte dabei immer deutlich größer als 1, was den längsöval gestreckten Rindenzellen entspricht (z.B. Tricholoma vaccinum). Bei der Kiefer ergeben sich Werte, die um 1 schwanken (0.85 - 1.8), aber nie die Werte der Fichte erreichen (z.B. Dermocybe holoxantha mit 0.99, D. crocea mit 1.8). Die beiden in dieser Arbeit vorkommenden Laubhölzer sind an den deutlich unter 1 liegenden Quotienten tangential/radial besonders der äußersten Rindenzellen im Längsschnitt zu erkennen (Tricholoma flavobrunneum an Betula pendula; Quercirhiza atrata).

Hyphenreihen des Hartigschen Netzes

Bei den meisten Mykorrhizen liegt die Zahl der Hyphenreihen sowohl um die Tannin- als auch die Rindenzellen bei 1. Lediglich bei Tricholoma vaccinum und T. saponaceum wurden deutlich 1-2 Reihen beobachtet. Das Hartigsche Netz reicht meist an irgendeiner Stelle bis zur Endodermis und schwankt in seiner Dicke von 3 - 5 µm. Daneben gibt es auch sehr dünne Hartigsche-Netz-Hyphen, wie z.B. bei Suillus collinitus (1-2(4)µm) aber auch sehr dicke Hyphen wie z.B. bei Tricholoma saponaceum (5-7µm). Dies zeigt sich auch an der Breite der Palmettillen bei der Aufsicht auf das Hartigsche Netz.

Farbreaktionen

Im folgenden seien die verwendeten Reagenzien diskutiert.

Anilin: positive Reaktion ist hier eine leichte Braunfärbung der Hyphenwände, womit oft eine Kontrastverstärkung verbunden war (positiv bei Tricholoma aurantium, T. vaccinum, Cortinarius malachius, Lactarius deliciosus, Rhizolpogon luteolus, und Suillus collinitus).

Brillant-Kresyl-Blau: Hier tritt ein für die Differenzierung relevanter Farbunterschied erst nach Auswaschen des Farbstoffes mit Wasser auf. Am häufigsten tritt nach Auswaschen eine Violettfärbung auf, während diese Umfärbung bei einigen Mykorrhizen ausbleibt. Hier bleibt das Probestück auch nach Auswaschen blau: Tricholoma flavobrunneum, Cortinarius malachius, Pinirhiza tortuosa). Bei Lactarius deliciosus und Pinirhiza ochrolactans wurden der Laticifereninhalt durch Brillant-Kresyl-Blau grünlich.

Baumwollblau: Bis auf Suillus collinitus, wo die Inkrustationen auf den abziehenden Hyphen blau angefärbt wurden, konnte der Farbstoff bei allen anderen Ektomykorrhizen wieder ausgewaschen werden.

Ethanol 70%: Hier wird beobachtet, ob und wie sich Farbstoffe in Ethanol lösen. Dermocybe crocea, D. holoxantha, D. semisanguinea und Cortinarius odorifer ergaben dabei eine gelbe, Pinirhiza rosea eine rötliche Lösung.

Guaiac: Es ergab sich bei keiner Ektomykorrhiza eine charakteristische Farbänderung.

Eisensulfat: Gewöhnlich ist hier eine leichte Gelbfärbung festzustellen, da die Eisensulfatlösung selbst gelb gefärbt ist. Positiv werden grünliche, grünbraune und schmutzig gelbe bis olive Farbtöne gewertet (bei T. flavobrunneum, T. aurantium, Tricholoma vaccinum, Tricholoma sejunctum, Dermocybe crocea, Dermocybe holoxantha und Dermocybe semisanguinea).

Bei Suillus collinitus und Tylopilus felleus färben sich mit Eisensulfat die Tanninzellen grünlich. Bei Quercirhiza atrata führt Eisensulfat zu einer Farbvertiefung der braunen Zellwände. Die Laticiferen von Lactarius de-

liciosus werden durch Eisensulfat schmutzig gelb.

KOH 15%: Hier sind die Reaktionen recht vielfältig. Cenococcum geophilum, Quercirhiza atrata und Pinirhiza spinulosa reagieren auf KOH mit einer Aufhellung ihrer Zellwände. Die Probestücke von T. aurantium und T. sejunctum werden hellocker, während sich bei T. vaccinum die im Lumen der Zentralhyphen der Rhizomorphen befindlichen Kristalle auflösen. Die Inkrustationen auf den Hyphen von Suillus collinitus werden rötlich, die von Cortinarius odorifer dunkelbraun, die von C. malachius gelb, die Rhizomorphen von C. malachius rotbraun. Der bereits erwähnte rötliche Farbstoff von Pinirhiza rosea schlägt in KOH zu einem tiefen Violett um.

Melzers' Reagens: Bei keiner Ektomykorrhiza konnte eine Farbreaktion nachgewiesen werden, die über die gelbbraune Eigenfärbung des Melzer Reagenses hinausging.

Phenol: Nur bei T. sejunctum ergab Phenol eine Gelbfärbung der Inkrustationen auf den abziehenden Hyphen.

Phenol-Anilin: Der Zellinhalt ließ sich bei Tricholoma aurantium durch Phenol-Anilin bräunlich anfärben. Bei T. vaccinum färbten sich die Rhizomorphen leicht rot-braun. Die Inkrustationen auf den abziehenden Hyphen von Cortinarius malachius und Pinirhiza tortuosa färbten sich gelb-braun.

Säure-Fuchsin: Normalerweise wird Säure-Fuchsin durch Wasser wieder vollständig ausgewaschen. Nicht so bei Pinirhiza rosea, wo auch nach dem Auswaschen noch eine rotbraune Färbung zurückbleibt.

Sulfo-Vanillin: Bei Tricholoma flavobrunneum werden Tanninzellen und palisadenartige Rindenzellen gelbbrot und die Inkrustationen lösen sich auf. Bei T. sejunctum färben sich die Tanninzellen sofort rot. Bei Dermocybe crocea wird der Mantel in Sulvo-Vanillin graubraun. Dagegen färben sich bei Lactarius deliciosus und Pinirhiza och-

rolactans die Laticifereninhalte braun. Bei Rhizopogon luteolus und Tylophilus felleus bleiben die bei jeder Sulvo-Vanillin-Reaktion allmählich auftretende Rotfärbung aus. Die Zellwände werden hier bräunlich. Ebenso bei Pinirhiza spinulosa, wo sich die Zellwände rotbraun verfärben.

Wertung der Farbreaktionen

Die wertvollsten Farbreaktionen waren Brillant-Kresyl-Blau, Eisensulfat, KOH15% und Sulfo-Vanillin. Diese sollten möglichst bei jeder Charakterisierung getestet werden. Die anderen Reaktionen sind weniger eindeutig. Allerdings sollten alle Reaktionen noch auf ihre Variabilität, besonders bei Funden von verschiedenen Böden, untersucht werden, bevor sie für die Differenzierung verwendet werden. Vorerst wurden die chemischen Reaktionen wegen der noch fehlenden Erfahrung noch nicht im Bestimmungsschlüssel berücksichtigt.

Autofluoreszenz

Auch die Autofluoreszenz war nur bei wenigen Ektomykorrhizen mit einer eindeutigen Aussage verbunden. So z.B. bei Rhizopogon luteolus, wo die inneren Rhizomorphenhypphen blau fluoreszierten oder bei Dermocybe semisanguinea, bei der die kristallinen Hyphenauflagerungen leuchtend gelb fluoreszierten. Alle anderen beobachteten Fluoreszenzen waren meist sehr schwach. Verbreitet waren diese an sich schwachen Fluoreszenzen hauptsächlich in der Gruppe der Dermocybe-, Tricholoma- und Cortinari-Ektomykorrhizen.

Kernfärbung

Bei der Kernfärbung mit Acetocarmin waren bis auf Cenococcum geophilum (1 Kern) meist 2 Kerne nachzuweisen. Der Abstand der Kerne war meist sehr variabel. Nur bei Tylophilus felleus und Amanita muscaria lagen die 2 Kerne immer sehr dicht paarweise beieinander. Der Kerndurchmesser schwankte zwischen 1 und 2.5µm. Gleichzeitig konnte mit diesem Farbstoff die siderophile Granulation nachgewiesen werden die, wenn sie auftrat, jedoch immer

nur wenige Hyphen betraf (Tricholoma aurantium, Tricholoma vaccinum, Tricholoma sejunctum, Dermocybe crocea, Dermocybe holoxantha).

Schlußbemerkung zur Diskussion der Merkmale

Aus der Arbeit mit der Charakterisierung der 26 hier beschriebenen Ektomykorrhizen ergeben sich als die wichtigsten und verlässlichsten Merkmale die Mantel- und Rhizomorphenanatomie sowie die Merkmale der Hyphen in ihren Maßen, ihren Verbindungen und ihren Inkrustationen. Weniger wichtig waren Verzweigungsart und die Farbe der Mykorrhiza sowie sämtliche Merkmale aus den anatomischen Schnitten. Von einigem Wert waren bei speziellen Mykorrhizen einige Farbreaktionen und die Daten aus der Autofluoreszenz.

E. Kurzbeschreibungen

der hier behandelten Ektomykorrhizen

Hier werden noch einmal alle in dieser Arbeit beschriebenen Ektomykorrhizen mit wenigen Sätzen in ihren wichtigsten Merkmalen dargestellt. Jeweils daran anschließend werden wichtige Unterscheidungsmerkmale zu anderen, im Habitus oder anatomisch ähnlichen Ektomykorrhizen genannt. Der Hinweis auf Seitenzahlen von Beschreibung und Abbildungen schließt die Kurzbeschreibung ab.

Amanita muscaria

Weiß, gabelige Ektomykorrhiza mit differenzierten Rhizomorphen ohne Rinde, Zentralhyphen unter $6\mu\text{m}$ im Durchmesser und großem Septenabstand, Hyphen glatt; Mantel plectenchymatisch, an Ektomykorrhizenspitze pseudoparenchymatisch, ohne Schnallen. Im Unterschied zu Pini-rhiza rosea: Ektomykorrhiza weiß; Rhizomorphen differenziert; Im Unterschied zu Suillus collinitus: Ektomykorrhiza weiß, Zentralhyphe unter $6\mu\text{m}$ dick, Ektomykorrhiza nicht wollig umhüllt. Beschreibung und Abbildungen s.S.:129-138.

Cenococcum geophilum

Schwarze Ektomykorrhiza mit körneliger Oberfläche und starren, schwarzen, z.T. inkrustierten Hyphen ohne Schnallen, ohne Cystiden. Im Unterschied zu Pini-rhiza spinulosa: ohne Cystiden und ohne Schnallen; abziehende Hyphen starr. Beschreibung und Abbildungen s.S.:181-186.

Cortinarius malachius

Gelblich-weiße Ektomykorrhiza mit differenzierten Rhizomorphen ohne Rinde, mit Schnallen, ohne Kontaktschnallen; mit Anastomosen; parallele Strukturen im Mantel. Im Unterschied zu Dermocybe holoxantha: ohne Kontaktschnallen, Ektomykorrhiza weiß. Im Unterschied zu Cortinarius odorifer: differenzierte Rhizomorphen. Beschreibung und Abbildungen s.S.:109-115.

Cortinarius odorifer

Gelbe Ektomykorrhiza mit nicht differenzierten Rhizomorphen, mit Schnallen, ohne Kontaktschnallen, parallele Strukturen im Mantel, mit Anastomosen, Rhizomorphenhypphen inkrustiert. Im Unterschied zu Cortinarius malachius: nicht differenzierte Rhizomorphe. Beschreibung und Abbildungen s.S.:103-108.

Cortinarius sect. Sericeocybe

Weißer Ektomykorrhiza mit nicht differenzierten Rhizomorphen, mit Schnallen, ohne Kontaktschnallen; Rhizomorphenhypphen nicht inkrustiert. Im Unterschied zu Cortinarius odorifer: nicht inkrustierte Rhizomorphenhypphen. Beschreibung und Abbildungen s.S.:116-122.

Dermocybe crocea

Gelbe Ektomykorrhiza mit nicht differenzierten Rhizomorphen, mit Kontaktschnallen. Im Unterschied zu Dermocybe holoxantha: Ektomykorrhiza kräftiger gelb. Im Unterschied zu Dermocybe semisanguinea: ohne Fluoreszenz. Beschreibung und Abbildungen s.S.:73-79.

Dermocybe holoxantha

Gelblich-weißer Ektomykorrhiza mit differenzierten Rhizomorphen, keine Zentralhyphen, mit Kontaktschnallen. Im Unterschied zu Dermocybe crocea: Ektomykorrhiza gelblich-weiß; Im Unterschied zu Cortinarius malachius: Ektomykorrhiza gelblich weiß, mit Kontaktschnallen. Beschreibung und Abbildungen s.S.:80-86.

Dermocybe semisanguinea

Gelbe Ektomykorrhiza mit nicht differenzierten Rhizomorphen, mit Kontaktschnallen, Hyphen mit gelb fluoreszierenden Inkrustationen. Im Unterschied zu anderen Dermocyben: fluoreszierende Inkrustationen. Beschreibung und Abbildungen s.S.: 87-100.

Lactarius deliciosus

Orange bis orange-braune Ektomykorrhiza, im Alter grünlich überhaucht, mit differenzierten Rhizomorphen,

ebenfalls im Alter grün, mit Latiziferen, ohne Zentralhyphen. Im Unterschied zu Rhizopogon luteolus: ohne Zentralhyphen in den Rhizomorphen, mit Laticiferen. Im Unterschied zu Pinirhiza ochrolactans: orange milchend, orange-braune Färbung. Beschreibung und Abbildungen s.S.:139-146.

Pinirhiza angularis

Orangebraun bis braune Ektomykorrhiza mit angulärer Mantelaufsicht, Rhizomorphen nicht gefunden. Im Unterschied zu Pinirhiza ochrolactans: angulärer Mantel, keine Laticiferen. Beschreibung und Abbildungen s.S.206-210.

Pinirhiza globularia

Weiß, durch Lufteinschluß silbrige Ektomykorrhiza mit kugelig bis 25µm aufgeblähten Hyphen in der äußersten Mantelschicht, mit schlanken, dickwandigen Cystiden. Im Unterschied zu allen anderen Ektomykorrhizen: kugelig aufgeblähte Hyphen. Beschreibung und Abbildungen s.S.: 211-215.

Pinirhiza ochrolactans

Orangebraune bis braune Ektomykorrhiza mit epidermoidem Mantel, tiefere Schichten plectenchymatisch mit Laticiferen; gelb milchend. Im Unterschied zu Lactarius deliciosus: epidermoider Mantel, gelb milchend. Beschreibung und Abbildungen s.S.:147-153.

Pinirhiza rosea

Rötliche Ektomykorrhiza mit nicht differenzierten Rhizomorphen. Im Unterschied zu Amanita muscaria: parallele Mantelstrukturen, rötliche Farbe, nicht differenzierte Rhizomorphen; zu allen anderen hier beschriebenen Mykorrhizen: rötliche Farbe der Ektomykorrhiza. Beschreibung und Abbildungen s.S.:199-205.

Pinirhiza spinulosa

Schwarzbraune Ektomykorrhiza ohne Rhizomorphen mit gekräuselten, braunen abziehenden Hyphen mit Schnallen,

mit schlanken, spitz zulaufenden, 30-40µm langen Cystiden. Im Unterschied zu Cenococcum geophilum: mit gekräuselten Hyphen, mit Cystiden. Beschreibung und Abbildungen s.S.:193-198.

Pinirhiza tortuosa

Weißer Ektomykorrhiza mit gewundenen Seitenenden, mit nicht differenzierten Rhizomorphen, mit Kontaktschnallen, mit parallelen Mantelstrukturen. Im Unterschied zu Dermocybe mykorrhizen: Ektomykorrhiza weiß, mit parallelen Mantelstrukturen. Im Unterschied zu Cortinarius malachius und C. odorifer mit Kontaktschnallen. Beschreibung und Abbildungen s.S.:123-128.

Quercirhiza atrata

Schwarzbraune Ektomykorrhiza mit gewundenen, nicht starren, braunen, abziehenden Hyphen ohne Schnallen; ohne Cystiden; Mantelunterseite epidermoid. Im Unterschied zu Cenococcum geophilum mit gewundenen Hyphen, Mantelinnenansicht epidermoid. Im Unterschied zu Pinirhiza spinulosa ohne Cystiden; Mantelunterseite epidermoid. Beschreibung und Abbildungen s.S.:187-192.

Rhizopogon luteolus

Gelbe bis rotbraune, koralloide Ektomykorrhiza mit differenzierten Rhizomorphen mit Rinde, Zentralhyphen bis 40µm Dicke. Im Unterschied zu Lactarius deliciosus mit Zentralhyphen und koralloidem Wuchs. Im Unterschied zu Suillus collinitus haben die Rhizomorphen dickwandige Rindenhyphen; abziehende Hyphen nicht inkrustiert. Beschreibung und Abbildungen s.S.:154-163.

Suillus collinitus

Gelbe, mit rosafarbenen Mycel wollig umspinnene Ektomykorrhiza mit differenzierten Rhizomorphen, abziehende Hyphen stark inkrustiert. Im Unterschied zu Amanita muscaria sind die abziehende Hyphen stark inkrustiert; zu Tylopilus felleus: Zentralhyphen unter 20µm im Durchmesser. Beschreibung und Abbildungen s.S.:164-173.

Tricholoma aurantium

Weißer Ektomykorrhiza mit differenzierten Rhizomorphen, Zentralhyphendurchmesser unter 7µm, Hyphen 3-4µm im Durchmesser, Hyphen mit säurelöslichen Inkrustationen; ohne Schnallen. Im Unterschied zu T. flavobrunneum sind hier die Hyphen inkrustiert, 3-4µm im Durchmesser. Beschreibung und Abbildungen s.S.: 41-47.

Tricholoma auratum

Gelblich-weißer Ektomykorrhiza mit differenzierten Rhizomorphen; dickere Hyphen nicht zentral angeordnet; Hyphen ohne Schnallen, 2-4µm im Durchmesser. Im Unterschied zu anderen Tricholomen: dickere Hyphen in Rhizomorphen nicht zentral angeordnet. Beschreibung und Abbildungen s.S.: 25-32. An Pinus silvestris.

Tricholoma flavobrunneum

Schmutzig-weiße bis bräunliche Ektomykorrhiza mit differenzierten Rhizomorphen; Zentralhyphen 8-10µm im Durchmesser; Hyphen 4-6µm im Durchmesser; Hyphen mit tropfenförmigen, säurelöslichen Inkrustationen. Im Unterschied zu T. aurantium: tropfenförmige Inkrustationen, Hyphen 4-6µm im Durchmesser; Beschreibung und Abbildungen s.S.: 33-40. An Betula pendula.

Tricholoma saponaceum

Weißer Ektomykorrhiza mit differenzierten Rhizomorphen, Zentralhyphen mehr als 10µm im Durchmesser; Hyphen 2-3µm im Durchmesser; ohne Inkrustationen. Im Unterschied zu Tricholoma vaccinum: Hyphen 2-3µm im Durchmesser, ohne Inkrustationen. Beschreibung und Abbildungen s.S.: 48-54. An Picea abies.

Tricholoma sejunctum

Weißer Ektomykorrhiza mit nicht differenzierten Rhizomorphen, Hyphen mit wenigen Schnallen, 3-6µm im Durchmesser, mit säurelöslichen Inkrustationen; Im Unterschied zu T. aurantium: Rhizomorphen nicht differenziert; mit Schnallen. Beschreibung und Abbildungen s.S.: 63-69.

Tricholoma vaccinum

Weißer Ektomykorrhiza mit differenzierten Rhizomorphen, Zentralhyphen mehr als 10µm im Durchmesser; abziehende Hyphen ohne Inkrustationen, 4-5,5µm im Durchmesser, äußere Rhizomorphenhyphen mit kleinen, säurelöslichen Warzen; Im Unterschied zu T. saponaceum: Hyphen 4-5,5µm im Durchmesser; Rhizomorphenhyphen inkrustiert. Beschreibung und Abbildungen s.S.:55-62.

Tylopilus felleus

Weißer, gabeliger Ektomykorrhiza mit differenzierten Rhizomorphen ohne Rinde, mit Zentralhyphen bis über 25µm Durchmesser. Im Unterschied zu Suillus collinitus: Zentralhyphen erheblich dicker, Ektomykorrhiza weiß. Beschreibung und Abbildungen s.S.:174-180.

F. Zusammenfassung

1. Von den 26 in dieser Arbeit charakterisierten Ektomykorrhizen konnten 16 identifiziert werden:
Tricholoma auratum (Paul.:Fr.) Gillet an Pinus silvestris;
Tricholoma flavobrunneum (Fr.) Kummer an Betula pendula;
Tricholoma aurantium (Schff.:Fr.) R. an Picea abies;
Tricholoma saponaceum (Fr.) Kummer an Picea abies;
Tricholoma vaccinum (Pers.) Kummer an Picea abies;
Tricholoma sejunctum (Sow.) Quel. an Pinus strobus;
Dermocybe crocea (Schff.) Mos. an Pinus silvestris;
Dermocybe holoxantha Gruber & Moser an Pinus silvestris;
Dermocybe semisanguinea (Fr.) Mos. an Pinus silvestris;
Cortinarius odorifer Britz. an Pinus silvestris;
Cortinarius malachius Fr. an Pinus silvestris;
Amanita muscaria (L.:Fr.) Hooker an Pinus silvestris;
Lactarius deliciosus L.:Fr. an Pinus silvestris;
Rhizopogon luteolus Fr. in Fr. & Nordh. an Pinus silvestris;
Suillus collinitus (Fr.) O. Kuntze an Pinus silvestris;
Tylopilus felleus (Bull.) P. Karst an Pinus silvestris;
2. 20 Ektomykorrhizen stammen von Pinus silvestris, drei von Picea abies und je eine von Quercus robur, Betula pendula und Pinus strobus.
3. Sechs Ektomykorrhizen werden von verschiedenen Arten der Gattung Tricholoma an unterschiedlichen Baumarten charakterisiert.
4. Die nicht identifizierten Ektomykorrhizen wurden eindeutig benannt.
5. Die wichtigsten Strukturen sämtlicher Ektomykorrhizen wurden in Zeichnungen und Fotografien dokumentiert. Alle Beschreibungen sind durch Diapositive vom jeweiligen Habitus, durch eine in FAA fixierte Mykorrhiza, durch Dauerpräparate der Schnitte, des Mantels und, gegebenenfalls, der Rhizomorphen und -bei identifizierten Ektomykorrhizen- durch das Exsiccacat des Fruchtkörpers belegt. Die Belege sind in München, Botanische Staatssammlung (M), hinterlegt.
6. Die Begriffe der Beschreibungsterminologie werden definiert und erklärt.
7. Die einschlägige Literatur zu den einzelnen identifizierten Mykorrhizen wurde besprochen. Die in der Literatur genannten Merkmale wurden mit den hier dargestellten verglichen. Die in der Literatur vorhandenen Beschreibungen haben sich mit wenigen Ausnahmen als

unzureichend herausgestellt.

8. Für alle in dieser Arbeit beschriebenen Ektomykorrhizen wurde ein gemeinsamer Bestimmungsschlüssel, zusätzlich ein gesonderter Bestimmungsschlüssel der Ektomykorrhizen aus der Gattung Tricholoma, erstellt.
9. Sämtliche zu den Beschreibungen verwendeten Merkmale wurden kritisch diskutiert und in Bezug zu ihrem Beitrag zur Differenzierung der Ektomykorrhizen gewertet. Für die Gattungen Tricholoma, Dermocybe und Cortinarius wurde versucht, aufgrund eigener Ergebnisse und aus der Literatur, Gattungsmerkmale zu diskutieren.
10. In Vorversuchen wurde an ausgewählten Beispielen die Eignung der eindimensionalen Elektrophorese und der Dünnschichtchromatographie für die Charakterisierung und Identifizierung von Ektomykorrhizen geprüft. Beide Methoden scheinen erst nach umfangreicheren Vorarbeiten als Identifizierungsmethoden verwertbar zu sein.
11. In einem zusammenfassenden Kapitel werden nochmals alle Beschreibungen in Kurzform dargestellt und die wichtigsten differenzierenden Merkmale zu verwandten oder ähnlichen Arten werden angegeben.

G. Literatur

- Acsai, J. (1983). Ectomycorrhizae of selected conifers growing in sites which support dense growth of bracken fern. *Mycotaxon*, 16(2), 509-518.
- Agerer, R. (1986a). Studies on Ectomycorrhizae II. Introducing remarks on characterization and identification. *Mycotaxon* 26, 473-492.
- , (1986b). Studies on Ectomycorrhizae III. Mycorrhizae formed by four species in the genera *Lactarius* and *Russula* on spruce. *Mycotaxon* 27, 1-59.
- , (1987a). Studies on Ectomycorrhizae V. Mycorrhizae formed by *Dermocybe cinnamomea* and *D. sanguinea* on spruce. *Nova Hedwigia* 44,(1-2), 69-89.
- , (1987b). Studies on Ectomycorrhizae IX. Mycorrhizae formed by *Tricholoma sulfureum* and *T. vaccinum* on spruce. *Mycotaxon* 28(2), 327-360
- , (1987c). Studies on Ectomycorrhizae X. Mycorrhizae formed by *Cortinarius obtusus* and *C. venetus* on spruce. *Mycologia* 79(4), 524-539.
- , (ed.) (1987d). Colour Atlas of Ectomycorrhizae. Einhorn Verlag, Schwäbisch-Gmünd. erste Lieferung.
- , (1988). Studies on Ectomycorrhizae XIV. Mycorrhizae formed by *Cortinarius hercynicus* and *C. varicolor* on *Picea abies*. *Can.J.Bot.* (im Druck)
- , Brand, F., Gronbach E. (1986). Die genaue Kenntnis der Ektomykorrhizen für Feinwurzeluntersuchungen im Zusammenhang mit dem Waldsterben. *AFZ* 20, 497-503,509
- Alexander, I.J., Bigg W.L. (1981). Light microscopy of mycorrhizas using Glycol Methacrylate. *Trans.Br. mycol.Soc.*77: 425-429
- Bayerisches Staatsministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten (1984) - Ergebnisse der Waldschadensinventur 1984 im Vergleich mit 1983.
- Baxter, D.V. (1928). Mycorrhiza and Scotch Pine in the university of Michigan forest nursery. *Pap.Mich.Acad.Sci.,Arts and Letters*, 9, 509-516
- Berg, B. (1987). Untersuchungen zur Ektomykorrhiza der Gattung *Cenococcum* Fries. Diplomarbeit, Universität München.
- Blum, H., Beier H., Gross H.J. (1987) Improved silver staining of plant proteins, RNA and DNA in polyacrylamide gels. *Electrophoresis* 8, 93-99.
- Brand, F., Agerer R. (1986). Studien an Ektomykorrhizen VIII. Die Mykorrhizen von *Lactarius subdulcis*, *Lactarius vellereus* und *Laccaria amethystina* an Buche. *Z.Mykol.* 52(2), 287-320

- Bresinsky, A., Einhellinger, A. (1987) Pilze, Flechten und andere Pflanzen aus Flugsandgebieten Südbayerns Hoppea, 45, 413-460
- Chilvers, G.A. (1968). Some distinct types of eucalypt mycorrhizae. Austr.Journ.Bot. 16, 49-70
- Clemencon, H. (1978). Siderophilous granules in the basidia of Hymenomycetes. Persoonia 10(1), 83-96
- Danielson, R.M. (1984). Ectomycorrhizal associations in Jack pine stands in northeastern Alberta. Can.J.-Bot. , 62 (5), 932-939.
- Dominik, T. (1969). Key to ectotrophic mycorrhiza. Fol. Forest.Polonica , 15 , 309-328.
- Duddridge, J.A., Read, D. (1984a). Modifications of the host fungus interface in mycorrhizas synthesized between Suillus bovinus and Pinus silvestris L. New Phytol. , 96(4), 583-588.
- , - (1984b). The development and ultrastructure of ectomycorrhizas: 1. Ectomycorrhizal development of pine (Pinus) in the field. New Phytol. 96(4), 565-573
- , - (1984c). The development and ultrastructure of ectomycorrhizas: 2. Ectomycorrhizal development of pine (Pinus) in vitro. New Phytol. 96(4), 575-582
- Fassi, B., DeVecchi, E. (1962). Ricerche sulle micorrhize ectotrofiche der pino strobo in vivaio I.Descrizione di alcune forme piu diffine in Piemonte. Allionia , 8 , 133-152.
- Fontana, A. (1977). Ectomycorrhizae in Polygonum viviparum. Proc.3rdNACOM, University of Athens, Georgia USA, 53
- Fontana, A., Centrella E. (1967). Ectomicorize prodotte da funghi ipogee. Allionia 13, 149-176
- Frank, A. B. (1885). Über die auf Wurzelsymbiose beruhende Ernährung gewisser Bäume durch unterirdische Pilze. Ber.Dtsch.Bot.Ges. , 3 , 128-145.
- , (1888). Über die physiologische Bedeutung der Mykorrhiza. Ber.Dtsch.Bot.Ges. 6, 248-269
- Gibelli, G. (1883) Nuovi studii sulla malattia del castagno detta dell'inchiestro. Memoire Reale Academia Science Istituto Bologna 4, 287-314
- Giltrap, N.J. (1979) Experimental studies on the establishment and stability of ectomycorrhizas. PhD.thesis, Sheffield University, Sheffield UK.
- , (1983). Influence of irradiance and concentration of glucose in the substrate on mycorrhizal development by Cenococcum geophilum and Paxillus involutus in axenic culture. Trans.Br.mycol.Soc.81(3) 627-647

- Godbout, C., Fortin J.A. (1983) Morphological features of synthesized ectomycorrhizae of *Alnus crispa* and *A. rugosa*. New Phytol. 94, 249-262
- , - (1985a). Classification of ectomycorrhizae: What's new and what to do. in Proc. 6th-NACOM, (ed. R. Molina), Forest research laboratory, Corvallis, Oregon USA, 186-188
- , - (1985b). Synthesized ectomycorrhizas on aspen: fungal genus level of structural characterisation. Can. J. Bot. 63, 252-262.
- Gogala, N. (1971). Growth substances in mycorrhizae of the fungus *Boletus pinicola* Vitt. and the pine tree *Pinus silvestris* L. Razprave, 14, 123-302.
- Gronbach, E. (1988) Charakterisierung und Identifizierung von Ektomykorrhizen in einem Fichtenbestand mit Untersuchungen zur Merkmalsvariabilität in sauer berechneten Flächen. Dissertation, Universität München Bibl. Mycol. 125, 1-216 + Tafeln (gilt als "Studien an Ektomykorrhizen XVIII")
- Gronbach, E., Agerer, R. (1986) Charakterisierung und Inventur der Fichtenmykorrhizen im Högelwald und deren Reaktion auf saure Beregnung. Forstw. Cb. 105(4), 329-335
- Gruber, I. (1970). Anthrachinonfarbstoffe in der Gattung *Dermocybe* und Versuch ihrer Auswertung für die Systematik. Z. Mycol. 36(1+2) 95-112
- Handley, W.R.C. (1963). Mycorrhizal associations and *Calluna* heathland afforestation. Forestry Comm. Bulletin 36, HMSO London. (fd. Mosse et al. 1981)
- Harley, J. L. (1969). The Biology of Mycorrhizae. Leonhard Hill, London.
- Harley, J.L., Smith S.E. (1983) Mycorrhizal Symbiosis. Academic Press, New York.
- Hartig, T. (1851). Vollständige Naturgeschichte der forstlichen Culturpflanzen Deutschlands. Berlin
- Haselwandter, K., Read D.J. (1979). Mycorrhizal status of high-alpin plant communities. Proc. 4th NACOM (fd. Mosse et al. 1981).
- Hatch, A.B. (1934). A jet-black mycelium forming ectotrophic mycorrhizae. Svensk Bot. Tidskr. 28, 369-383.
- Hepper, C.M. (1987). Gel Electrophoresis for identification of VAM fungi. Proc. 7th NACOM, University of Florida, USA, 308-309,
- Hilbert, J.L., Gaudin V., Lapeyrie F., Martin F., (1987) Identification of "Ectomycorrhiza-specific" Proteins involved in the development of the pisoli-

- thus-eucalyptus symbiosis. Proc.7thNACOM,
University of Florida, USA, 251.
- How, J.E. (1942). The mycorrhizal relations of larch.
III: Mycorrhiza formation in nature. Ann.Bot.N.S., 6,
103-129
- Høiland, D. (1983). Cortinariu Subgenus Dermocybe.
Opera botanica 71, 1-113
- Kottke, I. (1986). Charakterisierung und Identifizierung von Mykorrhizen. In: DFG Forschungsbericht: Das landschaftsökologische Forschungsprojekt Naturpark Schönbuch. Einsele G. (ed.), Weinheim, 463-485
- Lihnell, D. (1942). Cenococcum graniforme als Mykorrhizabildner von Waldbäumen. Sym.bot.Uppsalienses V, 2-19.
- Lobanow, N.W. (1960). Mykotrophie der Holzpflanzen. VEB Deutscher Verlag der Wissenschaften Berlin.
- Luppi, A.M., Gautero C. (1967). Rizerche sulle micorrize di Quercus robur, Q. petraea e Q. pubescens in Piemonte. Allionia 13, 129-148.
- Malajczuk, N., Cromack K. (1982). Accumulation of calcium oxalate in the mantle of ectomycorrhizal roots of Pinus radiata and Eucalyptus marginata. New-Phytol. 92, 527-531
- Marx, D.H. (1973). Ectomycorrhizae as Biological Determinants to Pathogenic Root Infections. Ann.Rev.Phytopathol. 10, 429-454
- McComb, A. L. (1938). The relation between mycorrhizae and the developement and nutrient absorption of pine seedlings in the prairie nursery.J.For. 36, 1148-1154.
- , (1943). Mycorrhizae and phosphorous nutrition of pine seedlings. Bull.Ia,Exp.Sta. , 314 , 382-612.
- , A. L., Griffith, J. E. (1946). Growth stimulation and phosphorous absorption of mycorrhizal and nonmycorrhizal white Pine and Douglas fir seedlings in relation to fertilizer treatments. PlantPhysiol , 21 , 11-17.
- Melin, E. (1917). Studien über die norrländische Moorbodenvegetation. (Schwed.) Norrl.Handbibl.7, 1-426
- , (1923) Experimentelle Untersuchungen über Birken- und Espenmykorrhiza und ihre Pilz-Symbionten. Svensk Bot.Tidskr., 17, 479-520
- , (1924). Zur Kenntnis der Mykorrhizapilze von Pinus montana Mill. Botaniska Notiser, Lund , 69-92.
- , (1925) Untersuchungen über die Bedeutung der Baummykorrhiza. Verlag Gustav Fischer, Jena
- , (1927). Studier över barrträdsplantans utvek-

- kling i rahumus. II. Mykorrhizans utbildning hos tallplantan i olika rahumusformer. Medd.Skogsforsoks anstalt, Stockholm 23, 433-494
- , Nielsson H. (1954) Transport of labeled phosphorous to pine seedlings through the mycelium of *Cortinarius glaucopus*. Svensk.Bot.Tidskr. 48, 555-558
- , - (1957).Transport of C¹⁴labeled photosynthate to the fungal associate of pine mycorrhiza. Svensk Bot.-Tidskr. 51, 166-186
- Meyer, F.H. (1966). Mycorrhiza and other plant symbiosis. In Henry S.N. (ed.), Symbiosis (Vol.I), Academic Press, New York, 171-255
- , (1968). Mykorrhiza in Haldenbegrünung. In: Haldenbegrünung im Ruhrgebiet. Knabe V.W., Schriftenreihe des Siedlungsverbands Ruhrkohlenbezirk 22.
- , (1973). Distribution of ectomycorrhizae in native and man-made forests. In: Marks, G.C. & Kozlowski T.T. (eds.), Ectomycorrhizae. Their Ecology and Physiology. Academic Press, New York.
- Meyer, F.H. (1984) Mykologische Beobachtungen zum Baumsterben. AFZ 9/10, 212-228.
- Mikola, P. (1969). Afforestation of treeless areas. Unasylva 23, 35-48
- , (1973). Application of mycorrhizal symbiosis in forestry practice. In: Marks,G.C., Kozlowski T.T. (eds.) Ectomycorrhizae. Their ecology and physiology. Academic Press, New York.
- Moser, M. (1963). Die Bedeutung der Mykorrhiza bei der Aufforstung unter besonderer Berücksichtigung von Hochlagen. in: Mykorrhiza, Fischer, Jena, 407-424
- , Haselwandter K. (1983). Ecophysiology of mycorrhizal symbiosis. Encyclopedia of Plant Physiology, N.-Ser.12C, 391-421.
- Mosse, B., Stribley D.P., LeTacon F. (1981) Ecology of mycorrhizae and mycorrhizal fungi. Adv.Microbial Ecology 5, 137-210
- Norkrans, B. (1949). Some mycorrhiza-forming *Tricholoma* species. Svensk Bot.Tidskr. 43, 485-490.
- Ohara, H. (1966). Antibacterial ativity of mycorrhiza of *Pinus desiflora* formed by *Tricholoma matsutake*. Proc.Jap.Acad., 42 (5), 503-506. ,
- Pachlewski, R., Pachlewska, J. (1974). [Amanita ver-na in Mycorrhiza synthese mit *Pinus silvestris*, *Picea excelsa* und *Betula verrucosa* in Reinkulturen auf Agar] (Biuletyn Inst.Badaw.Lesn.Ptrace). (IBL Nr.427-432, S. 191-203)

- Peyronel, B., Fassi, B., Fontana, A., & Trappe, J. H. (1969). Terminology of mycorrhizae. *Mycologia*, 61, 410-411.
- Riffle, J. W. (1973). Pure Culture Synthesis of Ectomycorrhizae on *Pinus ponderosa* with species of *Amanita*, *Suillus* and *Lactarius*. *For.Sci.*, 19, 242-250.
- Schütt, P., Blaschke H., Hoque E., Koch W., Lang K.J., Schuck H.J. (1983). Erste Ergebniss einer botanischen Inventur des "Fichtensterbens". *Forstw.Cb.* 102.
- Seviour, R. J., Chilvers, G.A. (1972). Electrophoretic characterization of eucalypt mycorrhizae. *New Phytol.*, 71, 1107-1110.
- Singer, R. (1986). The Agaricales in Modern Taxonomy. Koeltz, Königstein.
- Slankis, V. (1973). Hormonal relationships in mycorrhizal developement. In G. C. Marks & T. T. Kozlowski (Eds.), *Ectomycorrhizae* (pp.231-298). Academic press, New York.
- Smith, A.H., Zeller, S.M. (1966). A preliminary account of northamerican species of *Rhizopogon*. *Mem.N.Y.Bot. Gard.* 14(2), 1-177
- Suggs, E. G., Grand, L.F. (1972). Formation of mycorrhizae in monoxenic culture by pond pine (*Pinus serotina*). *Can.J.Bot.*, 50, 1003-1007.
- Thoen, D. (1977). Identification of ectomycorrhizal fungi by thin layer chromatography. *Bull.Brit.Myco.-Soc.*, 1, 39-43.
- Totten, H.R. (1923). Development of the fruitbody of a new parasitic rhizopogon. *J.E.Mitch.Sci.Soc.* 39, 101-108
- Trappe, J.H. (1962a). *Cenococcum graniforme*- its distribution, ecology, mycorrhizal formation and inherent variation. PhD.Thesis, University of Washington, Seattle.
- , (1962b). Fungus associates of ectotrophic mycorrhizae. *Bot.Rev.*, 28, 538-606.
- , (1964). Mycorrhizal hosts and distribution of *Cenococcum graniforme*. *Lloydia* 27, 100-106.
- , (1967). Pure culture synthesis of Douglas fir mycorrhiza with species of *Hebeloma*, *Suillus*, *Rhizopogon* and *Astraeus*. *For.Sci.*, 13, 121-130.
- Uhl, M., Agerer R. (1987). Studies on Ectomycorrhizae XI. Mycorrhizae formed by *Dermocybe crocea* on *Pinus silvestris* and *Dermocybe palustris* on *Pinus mugo*. *Nova Hedwigia* 45(3-4), 509-527.
- Voiry, H. (1981) Classification morphologique des ectomycorrhizes du chêne et du hêtre dans le nord-est

- de la France. Eur.J.For.Pathol. 11, 284-299.
- Werner, J. (1984) Ein neues Kunststoff-Einbettmedium für die Lichtmikroskopie. Das Glykol-Methacrylat LKB-Historesin. mta praxis 30(10), 675-679
- Zak, B. (1964). Role of mycorrhizae in root diseases. Ann.Rev.Phytopathol., 2 , 377-392.
- , (1971). Characterization and Identification of Douglas fir Mycorrhizae. in "Mycorrhizae" Proc.1stNACOM. (ed. E. Hacsaylo), US Government Printing Office, Washington DC, 38-53.
- , (1973). Classification of ectomycorrhizae. In: Marks, G.C., Kozlowski T.T., Ectomycorrhizae. Their ecology and physiology. Academic Press, New York.

Lebenslauf

Am 28. Januar 1958 wurde ich als erster Sohn des Siegfried Uhl, Verwaltungsangestellter, und seiner Ehefrau Erna geb. Ottmann in Garmisch-Partenkirchen geboren.

Von 1964-1968 besuchte ich die Grundschule Garmisch. 1968 wechselte ich auf das Werdenfels-Gymnasium in Garmisch-Partenkirchen, wo ich 1977 im math.-natw. Zweig das Abitur ablegte.

Von Juli 1977 bis Juni 1979 leistete ich meinen Wehrdienst ab.

Im Wintersemester 1979/80 immatrikulierte ich mich an der Ludwig-Maximilians Universität in den Fächern Biologie und Chemie. Im Fach Biologie legte ich im September 1984 mein Diplom ab. Meine Diplomarbeit "Versuche zur Reproduzierbarkeit lichtinduzierter Absorptionsänderungen von membrangebundenem b-Typ Cytochrom" fertigte ich am Institut für Botanik bei Herrn Prof.Dr.W.Rau an.

Im Juni 1985 begann ich unter Anleitung von Herrn Prof.Dr.R.Agerer am Institut für systematische Botanik mit der Anfertigung dieser Arbeit.

